



# CATÓLICA

## INSTITUTO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

---

LISBOA · PORTO · VISEU

### CONTROLO INIBITÓRIO, REPRESENTAÇÃO DE MAGNITUDE E AQUISIÇÃO DE COMPETÊNCIAS MATEMÁTICAS NO PRÉ-ESCOLAR

Dissertação apresentada à Universidade Católica Portuguesa para obtenção do grau de  
mestre em  
Neuropsicologia

Por

Rita Matos Pires Cavaglià

Lisboa 2020



CATÓLICA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

---

LISBOA · PORTO · VISEU

CONTROLO INIBITÓRIO, REPRESENTAÇÃO DE MAGNITUDE E AQUISIÇÃO DE  
COMPETÊNCIAS MATEMÁTICAS NO PRÉ-ESCOLAR

INHIBITORY CONTROL, MAGNITUDE REPRESENTATION AND MATHEMATICS  
ACHIEVEMENT IN KINDERGARTEN

Dissertação apresentada à Universidade Católica Portuguesa para obtenção do grau de  
mestre em  
Neuropsicologia

Por Rita Matos Pires Cavaglià

Sob a orientação de Prof<sup>a</sup> Doutora Filipa Ribeiro

Lisboa 2020



## Resumo

**Introdução:** O controlo inibitório e a representação de magnitude têm sido identificados como funções chave para o desenvolvimento das competências numéricas e aritméticas. No entanto, investigações recentes sugerem que a associação entre tarefas de representação de magnitude, nomeadamente de comparação de pontos, e a aquisição da matemática é na realidade um artefacto da carga executiva dos ensaios incongruentes dessas tarefas. O objetivo deste estudo foi identificar as relações entre as funções executivas e a as tarefas de deteção de magnitude que influenciam a aquisição das capacidades do cálculo e relacioná-las com o sucesso numa prova de sentido de número.

**Metodologia:** Avaliou-se o desempenho de 82 crianças do pré-escolar, entre os 4 e os 5 anos, em tarefas de representação de magnitude, de controlo inibitório e de conhecimentos matemáticos precoces. Para apurar a relação entre os desempenhos nas provas foram realizadas análises de correlação.

**Resultados:** Observou-se uma correlação entre o desempenho numa tarefa de representação de magnitude e as capacidades matemáticas precoces ( $r = -.49$ ), mas não foram encontradas correlações estatisticamente significativas entre o controlo inibitório e 1) as capacidades matemáticas, 2) o desempenho nos ensaios incongruentes da tarefa de representação de magnitude.

**Conclusões:** A confirmação da associação entre a representação de magnitude e as capacidades matemáticas pode ser relevante para a criação de instrumentos de avaliação e programas de intervenção que incorporem medidas não simbólicas. Dada a relevância da matemática nas sociedades modernas, é importante conhecer as funções cognitivas que mais influenciam a aquisição das capacidades do cálculo e de que forma essa relação se expressa, nomeadamente no período pré-escolar.

**Palavras chave:** Controlo inibitório, Representação de magnitude; Matemática; Sentido de Número

## **Abstract**

**Introduction:** Inhibitory control and magnitude representation have been identified as key functions for the development of numerical and arithmetic skills. However, recent research suggests that the association between magnitude representation tasks, namely dot comparison, and mathematical acquisition is in fact an artefact of the inhibitory control demands of the dot comparison task's incongruent trials. The aim of this study was to study how magnitude assessment and executive functions that underly mathematics achievement relate to the success in a number sense task.

**Methodology:** The performance of 82 preschool children, aged 4 to 5 years, on magnitude representation, inhibitory control and early mathematical knowledge tasks was evaluated. To determine the association between performance in these tasks, correlation analyzes were performed.

**Results:** A correlation was observed between performance in a magnitude representation task and early mathematical abilities task ( $r = -.49$ ), however no statistically significant correlations were found between inhibitory control and 1) mathematical abilities, 2) performance in the magnitude representation task's incongruent trials.

**Conclusions:** Confirming the association between magnitude representation and mathematical abilities may be relevant for the creation of assessment instruments and intervention programs that incorporate non-symbolic measures. Given the relevance of mathematics in modern societies, it is important to accumulate research on the cognitive functions that most influence the acquisition of math skills and how this link expresses, particularly during kindergarten years.

**Keywords:** Inhibitory control, Magnitude representation; Mathematics; Number Sense

## **Agradecimentos**

Neste momento de conclusão gostaria de agradecer a todos os que fizeram parte do percurso que me trouxe até aqui, o caminho foi longo e atribulado mas recheado.

O meu profundo agradecimento à Prof.<sup>a</sup> Doutora Filipa Ribeiro pela sua incansável disponibilidade, preocupação, orientação e capacidade pragmática que foram fundamentais à elaboração desta dissertação. Pelo seu apoio estarei sempre grata.

À Prof.<sup>a</sup> Doutora Joana Rato por todo o trabalho e pesquisa que serviu como suporte a este estudo.

Às minhas colegas Marta Duarte, pela cooperação e vontade genuína de ajudar, e Carolina Coelho, pela disponibilidade e colaboração no processamento dos dados.

À Dra. Débora Oliveira pela prontidão e simpatia com que sempre respondeu a todos os pedidos e questões, é sem dúvida um elemento essencial do Mestrado.

Às escolas e aos pais que tornaram possível a recolha dos dados e aos participantes por, inconscientemente, me terem ensinado tanto sobre a avaliação com crianças.

À Professora Isabel Barahona da Fonseca que, sem saber, foi a grande responsável pelo meu ingresso na Neuropsicologia.

À Mariana Camolas com quem partilhei horas de trabalho, gargalhadas, dúvidas e angústias ao longo do Mestrado, sem dúvida um dos melhores presentes que a Neuropsicologia me deu e dará.

À minha família e amigos, pelo apoio livre de julgamentos e por estarem sempre dispostos a ajudar, rever, encorajar e ouvir.

Ao Ricardo que sempre acreditou em mim, mais do que eu, e me faz querer ser melhor.

À minha Mãe, a quem devo tudo e retribuo o amor incondicional.

## Índice

I. Introdução .....	1
II. Revisão da literatura .....	4
1. Controlo Inibitório .....	5
2. Representação de magnitude .....	10
3. Influência do controlo inibitório nas tarefas de representação de magnitude .....	14
II. Problemas em estudo .....	18
Objetivos .....	19
Hipóteses .....	19
IV. Metodologia .....	21
1. Tipologia do estudo .....	21
2. Amostra.....	21
3. Instrumentos de verificação dos critérios de inclusão.....	23
Matrizes Progressivas Coloridas de Raven.....	23
4. Instrumentos e medidas experimentais .....	24
EYT Go/No-Go .....	24
Panamath.....	26
Bateria Sentido de Número .....	28
5. Procedimento de recolha dos dados .....	30
6. Processamento dos dados .....	31
V. Resultados .....	33
VI. Discussão .....	37
1. Limitações .....	37
2. Sugestões para estudos futuros.....	42
VII. Conclusões .....	43
VIII. Referências .....	45
IX. Anexos .....	60
Anexo I – Apresentação do Projeto .....	61
Anexo II – Consentimento informado.....	62
Anexo III – Questionário sociodemográfico .....	63

## I. Introdução

A literatura é escassa no que respeita ao desenvolvimento típico das competências numéricas e aritméticas no período pré-escolar, e a maioria dos trabalhos em cognição numérica aborda situações de perturbação de desenvolvimento.

Vivemos em uma sociedade cada vez mais orientada numericamente e todos os dias quando fazemos compras, viajamos ou comunicamos, somos obrigados a tomar decisões com base em informações quantitativas. O sucesso dos indivíduos em lidar com números e quantidades está relacionado com as perspectivas de emprego, salário e qualidade de vida (Parsons, & Bynner, 2005; Gilmore *et al.*, 2013; Geary, Hoard, Byrd-Craven, Nugent, & Numtee, 2007; Gersten, Jordan, & Flojo, 2005).

Contudo, apesar da importância das capacidades numéricas, muitas sociedades ocidentais não têm sido capazes de desenvolver estratégias adequadas para melhorar a numeracia dos jovens (Parsons, & Bynner, 2005).

Quando comparada com a linguagem, o conhecimento sobre os processos cognitivos específicos que explicam as diferenças individuais no desempenho em matemática é reduzido (Gersten *et al.*, 2005). Consequentemente, existem poucos programas de intervenção precoce, baseados em evidência científica, para apoiar crianças que apresentem dificuldades em matemática. Isso é particularmente preocupante tendo em conta que estudos sugerem que discrepâncias precoces no desempenho em matemática tendem a persistir com a idade (Aunola, Leskinen, Lerkkanen, & Nurmi, 2004; Clark, & Woodward, 2010).

Durante muito tempo vigorou a teoria do desenvolvimento cognitivo de Piaget, que postulava que o conhecimento matemático só era iniciado quando a criança entrava no período das operações concretas (Piaget, 1952 citado por Marcelino, 2015).

No entanto, hoje sabe-se que começa muito antes da criança iniciar o ensino formal, estando presente desde o nascimento (Geary, 1994; Wynn, 1992). Nos primeiros

cinco/seis anos evolui de forma muito expressiva (Ginsburg, Klein & Starkey, 1998; Bisanz, Sherman, Rasmussen & Ho, 2005) e forma os alicerces para a aquisição do conhecimento matemático formal no primeiro ciclo do ensino básico ao nível dos números, cálculo, geometria e álgebra (Marcelino, 2015). Por isto, o estudo do desenvolvimento normal das capacidades numéricas na idade pré-escolar é de extrema importância para esclarecer questões relacionadas com as perturbações de aprendizagem do cálculo.

As capacidades matemáticas precoces envolvem competências numéricas como o *subitizing*, a contagem, a resolução de problemas aritméticos, o raciocínio espacial e conhecimento geométrico e o conhecimento pré-algébrico (Marcelino, 2015).

As competências precoces de sentido do número referem-se à capacidade de apreender de forma imediata o valor de pequenas quantidades, fazer apreciações sobre números e suas magnitudes (por exemplo, cinco é mais próximo de quatro do que de sete), compreender princípios de contagem (por exemplo, o número final de um conjunto indica o número total de objetos), e juntar e separar conjuntos (por exemplo, três mais dois é cinco e cinco menos dois é três). Englobam também uma representação linear de pequenos números, de tal forma que cada número é um a mais do que o anterior ou uma a menos do que o seguinte (Jordan, Kaplan, Ramineni, & Locuniak, 2009; Powell, & Fuchs, 2012).

As competências numéricas precoces diferem de um tipo de conhecimento matemático mais complexo, embora relacionado, adquirido principalmente através do ensino formal (Jordan *et al.*, 2009)

Estas capacidades permitem às crianças a compreensão de princípios, relações e procedimentos matemáticos necessários para progredir na aprendizagem académica e na utilização da representação de quantidades no seu dia a dia (Siegler, & Booth, 2004).

Jordan *et al.* (2009) demonstraram a existência de relação entre as competências numéricas precoces e a aquisição de capacidades matemáticas no 3º ano, o que revela

a sua importância na trajetória de aprendizagem matemática em crianças no ensino primário.

As capacidades matemáticas precoces são um dos preditores mais fortes do desempenho acadêmico posterior (Duncan *et al.*, 2007) e as trajetórias das performances acadêmicas das crianças parecem permanecer bastante estáveis após o primeiro ciclo (Entwisle, & Hayduk, 1988).

Assim, perceber quais os processos e domínios cognitivos que medeiam a aquisição de capacidades matemáticas é importante para compreender como diferentes abordagens de ensino influenciam a aprendizagem e implementar intervenções que promovam estas aquisições.



## II. Revisão da literatura

### 1. Controlo Inibitório

Funções executivas (FE) é o nome dado ao conjunto de processos *top-down* dependentes do córtex pré-frontal (Diamond 2002) que permitem uma resposta flexível ao ambiente através de ações e pensamentos deliberados e direcionados a objetivos (Clark, 2010; Miyake *et al.*, 2000).

Estas capacidades possibilitam a resolução de problemas e a tomada de decisão em situações para as quais não existe uma resposta automatizada, pelo que a probabilidade de serem usadas é maior na ausência de orientação externa ou perante uma situação nova (Cragg, & Gilmore, 2014).

As FE são essenciais para a saúde mental e física, sucesso escolar e profissional e desenvolvimento cognitivo, social e psicológico (Diamond, 2013).

No que respeita à sua estrutura, Diamond (1991) avaliou o desempenho de crianças num conjunto de tarefas executivas e sugeriu três capacidades que seriam necessárias ao sucesso nessas tarefas: capacidade de inibição de respostas prepotentes, de manutenção e manipulação de informações mentais por curtos períodos e de alternar entre tarefas, propondo pela primeira vez uma classificação tripartida das FE.

Esta classificação foi confirmada numa população de adultos por Miyake *et al.* (2000) através de um estudo de análise fatorial. Os autores propuseram o modelo *unity-yet-diversity*, no qual as FE são um construto organizado hierarquicamente composto por uma entidade unitária de domínio geral e os seus três componentes dissociáveis: o controlo inibitório (CI), o *shifting* ou flexibilidade e a memória de trabalho (MT). O CI é a capacidade de suprimir informações distratoras e respostas indesejáveis, o *shifting* de alternar de forma flexível entre diferentes tarefas e a MT refere-se a um sistema cognitivo de capacidade limitada que permite o armazenamento e manipulação temporários de informações mentais (Miyake *et al.*, 2000).

Recentemente, foi proposta a introdução de um fator comum que representa a unidade dos três principais componentes executivos e a existência de fatores específicos para a MT e o *shifting* mas não para o controlo inibitório, que parece estar completamente contemplado no fator comum (Friedman, & Miyake, 2017; Miyake, & Friedman, 2012).

Apesar do modelo *unity-yet-diversity* ser baseado em estudos com jovens adultos, foi adotado em muitas investigações com crianças (Bull, & Scerif, 2001; Huizinga, Dolan, & van der Molen, 2006; St Clair-Thompson, & Gathercole, 2006). No entanto, a existência de fatores distintos nas funções executivas em desenvolvimento, e o número de diferentes fatores presentes, é um assunto ainda em debate.

Wiebe *et al.* (2008, 2011) concluíram que a performance de crianças dos 2 aos 6 anos em tarefas que se pensava avaliarem diferentes funções executivas era explicada por um fator comum, o que sugere que durante a infância as FE funcionam como uma estrutura unitária.

Noutros estudos fatoriais com crianças de 5 (Willoughby, Wirth, Blair, & Greenberg, 2012) e de 7 a 9 anos (Brydges, Reid, Fox, & Anderson, 2012) o modelo unitário de funcionamento executivo mostrou ser o mais adequado.

Brydges, Reid, Fox e Anderson (2014) avaliaram a performance de 135 crianças (média de idades = 8 anos e 3 meses) em tarefas de inibição, memória de trabalho e *shifting* e repetiram o protocolo 2 anos depois para estudar o desenvolvimento da estrutura das FE. As análises fatoriais longitudinais mostraram que a estrutura das funções executivas diferia significativamente entre as duas avaliações, passando de um modelo unitário para um modelo de dois fatores em que a memória de trabalho era dissociável mas relacionada com um fator de inibição/*shifting*.

Estudos realizados com crianças com uma idade média de 10 anos (Duan, Wei, Wang, & Shi, 2010; Lehto, Juujärvi, Kooistra, & Pulkkinen, 2003; Wu *et al.*, 2011) concluíram que o modelo de três fatores era o que melhor explicava os dados. Estes resultados apontam para uma diferenciação das funções executivas a partir dos 9 anos.

No entanto, estudos com crianças entre os 3 e os 6 anos (Miller, Giesbrecht, Müller, McInerney, & Kerns, 2012; Usai, Viterbori, Traverso, & Franchis, 2014) mostraram uma maior adequação de modelos de dois fatores (embora tenham apresentado diferenças relativamente aos fatores que se distinguem e aos que compunham o fator comum).

Tendo em conta o exposto, as FE parecem apresentar uma organização unitária durante a infância, começando a diferenciar-se no fim da primeira década de vida, até se estabelecer como uma estrutura composta por três fatores dissociáveis: o CI, a MT e o *shifting*.

A nível neuronal, McKenna Rushe e Woodcock (2017) demonstraram, através de uma meta-análise, que a estrutura das FE se especializa: durante a infância é ativada uma rede neural comum e ao longo do desenvolvimento passam a ser recrutadas redes específicas consoante a função.

A maturação das FE durante a infância parece ser gradual, com especial evolução durante a primeira infância (Garon *et al.*, 2008). O desenvolvimento particularmente rápido nesse período é facilitado pela maturação do CPF, embora as FE continuem a amadurecer até a início da idade adulta, tal como o CPF (Best, & Miller, 2010; Diamond, 2002).

Na sua revisão, Diamond (2002) evidenciou o papel fundamental do córtex pré-frontal (CPF) dorsolateral no desenvolvimento das FE. No entanto, investigações contemporâneas sugeriam a importância de outras áreas, como o córtex cingulado anterior (Bush, Luu, & Posner, 2000; Carter, Botvinick, & Cohen, 1999; Cohen, Botvinick, & Carter, 2000; Posner, & Rothbart, 1998), o que levou a autora a destacar o potencial de conectividade entre diferentes regiões pré-frontais e entre o PFC e outras regiões do cérebro.

Estudos imagiológicos posteriores demonstraram envolvimento do córtex prefrontal dorsal e ventrolateral, estriado, cíngulo, área pré-motora suplementar e lóbulo parietal

inferior (Fiske, & Holmboe, 2019; Wiebe, Sheffield, & Espy, 2012) durante a realização de tarefas de controlo inibitório.

Relativamente à trajetória de desenvolvimento do CI, o mesmo parece ter início no final do primeiro ano de vida (Diamond, 2002; Diamond, Barnett, Thomas, & Munro, 2007; Holmboe, Bonneville-Roussy, Csibra, & Johnson 2018). No período pré-escolar apresenta uma evolução rápida e acentuada (Diamond, 2002; Friedman, Miyake, Robinson, & Hewitt, 2011; Simpson, & Riggs, 2005), progredindo a um ritmo mais constante durante a segunda infância (Best, & Miller, 2010; Best, Miller, & Jones, 2009), atingindo a maturação no início da adolescência (van den Wildenberg, & van der Molen, 2004).

O controlo inibitório envolve a capacidade de controlar a atenção, o comportamento, os pensamentos e/ou emoções de forma a anular os impulsos internos ou estímulos externos de forma a direcioná-la para o que for mais apropriado ou necessário. Este processo inclui a capacidade de inibição de resposta/comportamental (autocontrolo e disciplina) e de controlo de interferência (atenção seletiva e inibição cognitiva) (Diamond, 2013).

Para o estudo do controlo inibitório é frequente serem utilizadas tarefas de *go/no-go*, que traduzem uma das formas mais puras de controlo inibitório, a inibição de resposta (Cragg & Nation, 2008). Nestas tarefas, tipicamente, o participante deve pressionar um botão quando é apresentado determinado estímulo (*go*) mas não o fazer nos casos em que é apresentado outro (*no-go*) (Diamond, 2013). Os estímulos *go* são apresentados com maior frequência, o que gera uma resposta prepotente que é necessário suprimir nos ensaios *no-go* (Simpson, & Riggs, 2006; Verbruggen, & Logan, 2008).

A capacidade de controlo inibitório precoce parece ser preditora do sucesso em diversas áreas ao longo da vida. Vários estudos de desenvolvimento concluíram que os indivíduos com melhor controlo inibitório durante a infância apresentavam um desenvolvimento psicossocial mais saudável, que se traduziu em menor tendência para o abandono escolar, comportamentos de risco, consumo de drogas e tabaco na adolescência e

intercorrências legais, além de melhores salários e níveis de saúde física e psicológica, mesmo controlando o efeito do QI, gênero, classe social e ambiente familiar durante o desenvolvimento (Anzman-Frasca, Francis, & Birch, 2015; Eisenberg *et al.*, 2001; Lengua, 2002; Moffitt *et al.*, 2011; Rhoades, Greenberg, & Domitrovich, 2009)

Da mesma forma, foram demonstradas correlações fracas a moderadas entre o CI e as capacidades acadêmicas precoces em investigações com diferentes métodos de avaliação (Allan, & Lonigan, 2011; Blair, & Razza, 2007; Smith-Donald, Raver, & Hayes, 2007; Valiente, Lemery-Chalfant, & Swanson, 2010).

A passagem do pré-escolar para o primeiro ciclo, em que se dá a transição para ambientes cada vez mais estruturados e a aquisição de competências acadêmicas básicas, requer o desenvolvimento e o aprimoramento de capacidades de auto-regulação (Allan, Hume, Allan, Farrington, & Lonigan, 2014). Desta forma, pensa-se que o CI, que permite a regulação emocional das crianças, está associado ao sucesso acadêmico por facilitar a aprendizagem e a interação aluno-professor (Hamre, & Pianta, 2001; Ursache, Blair, & Raver, 2012).

O CI tem sido particularmente associado à aquisição de competências matemáticas (Agostino *et al.*, 2010; St. Clair-Thompson, & Gathercole, 2006; Waber *et al.*, 2006), de forma mais expressiva do que às de leitura e escrita (Blair, & Razza, 2007; McClelland *et al.*, 2007; Willoughby, Kupersmidt, & Voegler-Lee, 2012), o que poderá dever-se ao papel do córtex pré-frontal no CI e outros aspectos da auto-regulação e na matemática (Allan *et al.*, 2014).

Espy *et al.* (2004) investigaram contributo das FE na performance matemática em crianças entre os 2 e os 5 anos e concluíram que existia uma associação entre a MT e o CI e o resultado numa prova de capacidades matemáticas emergentes, mesmo depois de controlar estatisticamente a idade, escolaridade materna e inteligência verbal. Das duas, o CI destacou-se explicando 12% da variabilidade das capacidades matemáticas depois de removido o efeito das outras funções executivas.

Clark e Woodward (2010), através de um *design* longitudinal, demonstraram que esta relação se mantém ao longo do tempo ao investigarem as funções executivas de crianças aos 4 anos e as suas capacidades matemáticas aos 6 anos. Os autores concluíram que o desempenho das crianças no pré-escolar em tarefas de *shifting*, controlo inibitório e medidas de comportamento executivo geral explicavam uma percentagem substancial da variabilidade na performance matemática um ano após a entrada na escola primária. Essas associações mantiveram-se mesmo controlando as diferenças individuais na capacidade cognitiva geral e no desempenho na leitura.

Apesar da influência do controlo inibitório nas capacidades matemáticas ser sustentada por um grande número de investigações, alguns estudos não observaram relação entre as variáveis (Lee et al., 2012; Monette, Bigras, & Guay, 2011; Van der Ven, Kroesbergen, Boom, & Leseman, 2012).

Pelo exposto é importante clarificar o papel do controlo inibitório na aprendizagem e desempenho da matemática, de forma a compreender as amplas diferenças individuais no sucesso das crianças nesta área. Por sua vez, este conhecimento poderá contribuir para entender as dificuldades apresentadas por algumas, identificar as que estão em risco de as desenvolver e criar intervenções ou estratégias de ensino que beneficiem todas as crianças.

## **2. Representação de magnitude**

A capacidade de representação de magnitude tem sido apontada como um importante preditor da aquisição e desenvolvimento das competências matemáticas (Libertus, Feigenson, & Halberda, 2011; Geary, Hoard, Byrd-Cracen, Nugent, & Numtee, 2007; Gersten, Jordan, & Flojo, 2005).

A representação de magnitude, ou sentido de número, refere-se à capacidade de entender, estimar e manipular rapidamente quantidades numéricas (Dehaene, 2001).

Existem dois sistemas pré-verbais de representação de magnitude em várias espécies: *subitizing* – sistema preciso, para pequenas quantidades – e estimação – sistema aproximado, para grandes quantidades. Ambos têm uma capacidade de representação limitada e nenhum contempla conceitos como frações, raízes quadradas ou mesmo números inteiros. A construção destes conceitos depende de processos trabalhosos, e dependentes da cultura, que estão enraizados nos dois sistemas de representação e que traduzem a capacidade básica de sentido de número (Feigenson, Dehaene, & Spelke, 2004).

Estudos de neuroimagem sugerem que estes sistemas não são totalmente independentes, ativando áreas comuns do lobo occipital e do sulco intraparietal (Piazza, Mechelli, Butterworth, & Price, 2002), sendo o *subitizing*, mais dependente dos circuitos temporais (ventrais) e a estimação dos circuitos parietais (dorsais) (Vuokko, Niemivirta, & Helenius, 2013).

O *subitizing* traduz a apreciação rápida, precisa do número de itens em pequenos grupos, sem contar. Pensa-se que a subitização emerja da capacidade de alocar atenção sobre vários itens individuais em simultâneo – Object Tracking System (OTS). A estimação refere-se à extração espontânea de um número aproximado de objetos presentes em conjuntos pelo Sistema Numérico Aproximado – Approximate Number System (ANS) (Piazza, 2010).

A importância do ANS e do OTS na aquisição de conceitos numéricos mais elaborados têm sido estudados e as evidências cognitivas e neuronais sugerem que o ANS desempenha um papel fundamental neste processo (Gallistel, & Gelman, 1992; Verguts, & Fias, 2004; Dehaene, & Changeux, 1993; Piazza, 2010). Segundo um estudo de Piazza, Pinel, Le Bihan e Dehaene (2007) parece existir uma codificação numérica abstrata no sulco intraparietal comum aos pontos, dígitos e nomes dos números, o que sugere que os símbolos adquirem significado através da formação de ligações entre populações de neurónios que codificam a representação gráfica dos símbolos e as representações não simbólicas de grandeza.

O ANS é um sistema cognitivo precoce que traduz a capacidade não-simbólica de estimativa da magnitude de um conjunto, possibilitando a representação e manipulação não-verbal de informação numérica. O ANS não permite a distinção entre duas quantidades quando a diferença entre elas é muito pequena nem quando essas quantidades são muito elevadas (Feigenson, Dehaene, & Spelke, 2004).

Ao longo do desenvolvimento, este sistema torna-se mais preciso e as pessoas vão sendo capazes de distinguir entre grupos com menores diferenças de magnitude. Apesar de haver diferenças individuais na capacidade de representação de magnitude, esta função está presente desde o nascimento e durante o primeiro ano de vida a evolução é especialmente rápida, em que o ratio da discriminação passa de 1:3 para 2:3 (Xu, & Spelke, 2000; Lipton, & Spelke, 2003; Izard *et al.*, 2009; Libertus, & Brannon, 2010), e desenvolve-se gradualmente até maturar no início da segunda década, em que a razão da distinção é 7:8 (Halberda, & Feigenson, 2008; Piazza *et al.* 2010).

A razão da distinção é definida pela fração de Weber (WF), que relaciona as diferentes intensidades do estímulo sensorial avaliado, ou seja, é a menor distância percebida entre duas quantidades. Existem diferenças individuais de WF e estas correlacionam-se com os resultados em medidas formais de competências escolares matemáticas (Halberda *et al.*, 2008).

O estudo do ANS é frequentemente feito através de tarefas de discriminação simultânea entre dois conjuntos de estímulos apresentados num paradigma de escolha forçada (Feigenson *et al.*, 2004).

A hipótese da contribuição da capacidade de estimação para o desempenho na matemática é sustentada por vários estudos. Halberda *et al.* (2008) investigaram o desempenho de estudantes de 14 anos de idade numa tarefa de comparação não simbólica e o seu percurso escolar em matemática, do jardim de infância ao 6º ano, e perceberam que estavam fortemente correlacionados.

Bonny e Lourenco (2013) avaliaram crianças durante o período pré-escolar e concluíram que a precisão do ANS se correlacionava com o desempenho matemático precoce. Neste estudo, essa correlação mostrou-se mais forte em crianças com resultados matemáticos piores.

Feigenson, Libertus e Halberda (2013) avaliaram a acuidade do ANS (com uma tarefa de comparação não simbólica – Panamath), a capacidade matemática e o vocabulário em crianças do pré-escolar em dois momentos, com intervalo de seis meses. Os seus resultados mostraram que a acuidade do ANS previa a performance matemática seis meses depois, mesmo depois de controlar estatisticamente as diferenças individuais de idade, vocabulário e capacidade matemática na avaliação inicial.

Através de um design longitudinal, De Smedt, Verschaffel e Ghesquière (2008) mostraram que a performance de crianças numa tarefa simbólica de comparação de magnitude foi preditora da aquisição de competências matemáticas.

Apesar de vários estudos terem chegado a resultados semelhantes (DeWind, & Brannon, 2012; Halberda, Ly, Wilmer, Naiman & Germine, 2012; Libertus, Feigenson, & Halberda, 2011; Libertus, Odic, & Halberda, 2012; Lourenco, Bonny, Fernandez, & Rao, 2012; Lyons, & Beilock, 2011; Mazzocco, Feigenson, & Halberda, 2011; Starr, Libertus, & Brannon, 2013), algumas investigações não demonstraram uma associação entre o ANS e o desempenho matemático (Price, Palmer, Battista, & Ansari, 2012; Sasanguie, De Smedt, Defever, & Reynvoet, 2012).

Recentemente, foram realizadas metanálises (Chen, & Li, 2014; Fazio, Bailey, Thompson, & Siegler, 2014; Schneider *et al.*, 2017) que concluíram que existe uma associação fraca, mas significativa, entre a acuidade do ANS e o desempenho em matemática.

### **3. Influência do controlo inibitório nas tarefas de representação de magnitude**

Vários estudos têm encontrado uma relação entre a performance em tarefas de representação numérica não simbólicas e a aprendizagem da matemática (Halberda *et al.*, 2008; Libertus *et al.*, 2011; Mazzocco *et al.*, 2011). No entanto, um estudo que investigou a relação entre tarefas simbólicas e não simbólicas de representação de magnitude e a capacidade aritmética concluiu que apenas o processamento simbólico se mostrou preditor da performance aritmética (Bartelet, Vaessen, Blomert, & Ansari, 2014).

Alguns autores defendem que o efeito da representação da magnitude na aquisição das competências matemáticas é um artefacto da carga executiva, mais concretamente ao nível do controlo inibitório, dos paradigmas utilizados para a avaliação do ANS (Fuhs, & McNeil, 2012; Gilmore *et al.*, 2013; Norris, & Castronovo, 2016).

Nos estudos que investigam a relação entre o processamento numérico não simbólico e o aproveitamento em matemática é comum o uso de tarefas de comparação de pontos em que é pedido aos participantes que selecionem a matriz mais numerosa entre duas apresentadas, devendo para isso ignorar outras características das imagens, como o tamanho e a organização dos pontos (Feigenson *et al.*, 2004).

Para minimizar o potencial efeito das características superficiais, são controladas algumas variáveis como tamanho dos pontos, densidade e área total. Para tal, são produzidos diferentes conjuntos de imagens em que essas variáveis são positiva ou negativamente correlacionadas com o número num par de matrizes, isto é, em alguns ensaios os participantes veem duas matrizes em que a mais numerosa tem pontos maiores e uma área maior, enquanto noutros a mais numerosa tem pontos menores e uma área menor. Desta forma é possível perceber se o desempenho na tarefa resulta ou não da resposta às características superficiais dos estímulos. Consequentemente, em ensaios congruentes as características visuais das matrizes fornecem uma pista adicional para o número, mas em testes incongruentes os participantes são obrigados a ignorar

essas características salientes e ter em conta apenas o número de pontos (Gilmore *et al.*, 2013).

Várias investigações têm demonstrado uma forte associação entre a capacidade de inibição e a aquisição de capacidades matemáticas (Espy *et al.* 2004; St. Clair-Thompson, & Gathercole, 2006). Assim, é possível que a relação entre as tarefas de comparação de pontos e a aquisição de capacidades matemáticas seja explicada pela exigência inibitória dos ensaios incongruentes dessas tarefas e não pela precisão nas representações de magnitude (Fuhs, & McNeil, 2012; Gilmore *et al.*, 2013).

Atualmente não existe um protocolo padrão para a criação dos conjuntos de pontos dos programas utilizados para medir o ANS, pelo que não é claro se as tarefas que controlam diferentes características visuais (área de superfície cumulativa e dispersão dos pontos, por exemplo) medem as mesmas funções cognitivas.

Como tal, Clayton, Gilmore e Inglis (2015) investigaram de que forma a precisão e o grau de confiança das estimações da magnitude são influenciadas pelas características visuais do estímulo. Para isso, estudaram o desempenho de 51 adultos em tarefas de comparação de pontos criadas com dois métodos: o Panamath e o Gebuis & Reynvoet. Todos os participantes realizaram as tarefas de ambos os protocolos duas vezes para obter uma medida de teste-reteste. A sua análise não demonstrou a existência de uma correlação entre os valores de precisão dos participantes nos dois protocolos, o que significa que as tarefas podem medir construtos cognitivos diferentes. Além disso, houve ainda diferenças significativas teste-reteste para ensaios criados com o mesmo protocolo.

Clayton e Gilmore (2014) investigaram a influência de fatores como o ratio da numerosidade, o tamanho dos conjuntos e as pistas visuais no desempenho em tarefas de comparação em crianças de 7 a 9. Os participantes realizaram uma tarefa de comparação de pontos com uma série de numerosidades diferentes mas com o mesmo ratio. Os autores concluíram que à medida que a numerosidade dos conjuntos aumentava a precisão diminuía – atribuindo este efeito ao aumento da relevância da

incongruência. Além disso, nos ensaios com maior numerosidade, o desempenho mostrou ser mais afetado pela dispersão do conjunto do que pelo tamanho médio dos pontos. Segundo os autores, estes dados são consistentes com a teoria do efeito concorrente do controlo inibitório, sendo os desempenhos neste tipo de tarefas influenciados por diferenças individuais ao nível da capacidade inibitória e não da acuidade do ANS.

Por fim, Norris e Castronovo (2016) analisaram a literatura disponível e verificaram que os estudos que defendem a associação entre a acuidade do ANS e o desempenho matemático em adultos obtiveram medidas do ANS através da utilização estímulos em que os pontos eram apresentados misturados, e não em conjuntos separados. Assim, compararam a acuidade do ANS ao usar pontos misturados e separados de modo a perceber de que forma essa variação metodológica media a relação entre a acuidade do ANS e o desempenho matemático. Os seus resultados demonstraram que a acuidade do ANS era mais baixa e menos confiante quando medida com conjuntos misturados, estando o desempenho em ambas as condições relacionado com o controlo inibitório. Além disso, verificou-se também uma associação entre o desempenho matemático e a diferença na precisão do ANS (maior precisão em ensaios congruentes e menor em ensaios incongruentes) nos ensaios com os conjuntos misturados, mas não no caso dos separados. Os resultados indicam que a variação metodológica afeta os resultados da acuidade do ANS, bem como a aparente relação entre o ANS e o desempenho matemático.

As diferenças entre a precisão nos ensaios congruentes e incongruentes, em que os últimos apresentam uma menor taxa de sucesso e rapidez na resposta, bem como o efeito das variações dos parâmetros visuais dos estímulos sugerem que a resposta aos ensaios incongruentes exige processamento adicional relativamente aos congruentes e que as tarefas de comparação de pontos podem não ser uma medida pura de medição do ANS. Gilmore *et al.* (2013) concluíram que ao controlar o efeito das capacidades de inibição o desempenho numa tarefa de comparação de pontos deixou de se apresentar como preditor significativo do desempenho matemático, o que indica que o

processamento adicional de alguns ensaios é causado pela sua exigência inibitória, sustentando a teoria do efeito concorrente do controlo inibitório no desempenho em tarefas de ANS.

Assim, clarificar as exigências das medidas de ANS e os fatores subjacentes ao sucesso nessas tarefas é importante para perceber de que forma o ANS influencia a aprendizagem da matemática e, conseqüentemente, desenvolver estratégias adequadas que promovam melhores resultados nesta área.



## **II. Problemas em estudo**

Tendo em conta a literatura revista, conclui-se que subsistem questões por esclarecer relativamente às funções cognitivas que mais influenciam a aquisição das capacidades do cálculo e de que forma essa relação se manifesta, nomeadamente, no que diz respeito à relação entre o controlo inibitório e as tarefas de comparação de pontos. Nos ensaios congruentes as características visuais dos conjuntos parecem fornecer uma pista adicional para a sua numerosidade, mas em ensaios incongruentes os participantes devem inibir a resposta baseada nas características salientes dos estímulos e responder considerando apenas o número de pontos existente em cada conjunto. Estas tarefas são usadas para avaliação do sistema de representação de magnitude ANS (Approximate Number System) que parece predizer o sucesso em aquisições futuras de competências matemáticas. Por outro lado, diversos estudos têm mostrado a influência das funções executivas e em particular da inibição no desempenho de tarefas de cálculo. Por estas razões, parece pertinente averiguar a relação entre a inibição e o desempenho em tarefas de avaliação de magnitude e confirmar a relação destas com a aquisição de competências básicas de cálculo.

### **Objetivos**

O presente estudo pretende clarificar a influência do controlo inibitório e da capacidade de representação de magnitude na aquisição de capacidades matemáticas em crianças de desenvolvimento normal no pré-escolar, particularmente o efeito da carga inibitória nos ensaios incongruentes da tarefa de representação de magnitude.

### **Hipóteses**

Hipótese 1: o desempenho nos ensaios incongruentes numa tarefa de representação de magnitude está correlacionado com o desempenho numa de controlo inibitório

Hipótese 2: o desempenho numa tarefa de controlo inibitório está correlacionado com o desempenho numa medida formal de conhecimentos de matemática

Hipótese 3: o desempenho numa tarefa de representação de magnitude está correlacionado com o desempenho numa medida formal de conhecimentos de matemática

## **IV. Metodologia**

### **1. Tipologia do estudo**

Este estudo caracteriza-se como observacional-analítico visto que se propõe descrever acontecimentos que ocorrem sem a intervenção do investigador e quais os efeitos nos sujeitos em estudo através do exame das relações estatísticas entre as variáveis (Pais-Ribeiro, 2010).

Trata-se de um estudo quase-experimental, uma vez que se centra no desenvolvimento de procedimentos no sentido de investigar os acontecimentos que ocorrem naturalmente, não tendo existido manipulação das variáveis por parte do investigador. A estratégia de investigação utilizada é a correlação, que se prende com a identificação de relações entre funções cognitivas que se suspeita estarem associadas ao sucesso na aquisição de capacidades matemáticas.

### **2. Amostra**

A amostra deste trabalho foi formada através de um processo de amostragem não aleatório, caracterizando-se como uma amostra de conveniência (Marôco, & Bispo, 2003).

Definiram-se os seguintes critérios de inclusão: a) idade entre 4 e 5 anos; b) português como língua materna. Os critérios de exclusão foram: a) período de gestação abaixo das 38 semanas; b) diagnóstico de perturbação de desenvolvimento; c) presença de dificuldade sensorial não corrigida (auditiva, visual e motora); d) percentil abaixo de 25 na prova Matrizes Coloridas de Raven.

A amostra foi constituída por 82 crianças saudáveis/de desenvolvimento normal do pré-escolar de três escolas em Lisboa. Optou-se por não se excluir da amostra um

participante com 6 anos, cujo aniversário aconteceu entre o início da recolha de dados e a sua primeira sessão de avaliação.

As características sociodemográficas dos participantes do estudo são apresentadas na Tabela 1, sendo analisadas as variáveis demográficas idade, género, “tipo” de escola frequentada e habilitações literárias da mãe.

**Tabela 1**

*Características sociodemográficas dos participantes (N=82)*

	<i>n</i>	<i>%</i>
Idade		
4 anos	41	50
5 anos	40	48.8
6 anos	1	1.2
Género		
Masculino	49	59.8
Feminino	33	40.2
Escola		
Privada	40	48.8
Pública	42	51.2
Habilitações literárias da mãe		
2º Ciclo	3	3.7
3º Ciclo	5	6.1
Secundário	15	18.3
Licenciatura	44	53.7
Mestrado	8	9.8
Doutoramento	3	3.7

*Nota.* Participantes tinham em média 4.51 anos (*DP* = .53)

### **3. Instrumentos de verificação dos critérios de inclusão**

#### ***Matrizes Progressivas Coloridas de Raven***

As MPCR (Raven, Raven, & Court, 2009) foram utilizadas como critério de participação no estudo, tendo ficado definido que as crianças que obtivessem um percentil abaixo de 25 nas MPCR seriam excluídas do estudo e não seriam sujeitas à segunda avaliação, no entanto, todos os participantes obtiveram um percentil superior.

As Matrizes Progressivas Coloridas de Raven foram divulgadas por John C. Raven na década de 1940. Desde o seu lançamento, foram criadas versões paralelas da prova para despistar os examinandos que tivessem memorizado as respostas corretas (Raven, & Raven, 2003).

Este instrumento, utilizado para a avaliação do desenvolvimento intelectual das crianças, trata-se de um conjunto de tarefas não-verbais cujo objetivo é medir capacidade dedutiva, aspeto lógico e não verbal da inteligência, associada à inteligência geral (fator g). Nesta prova, o examinando deve inferir uma regra relativa a um conjunto de elementos e aplicá-la de modo a produzir os itens seguintes numa série ou para verificar se um elemento apresentado a cumpre (Alderton, & Larson, 1990).

A prova está dividida em três séries (A; Ab e B) com 12 itens cada, de matrizes de figuras geométricas abstractas. No caderno de estímulos, cada item corresponde a uma página onde é apresentada uma matriz inacabada e 6 ou 8 figuras das quais apenas uma a completa corretamente. É pedido à criança que escolha a figura que melhor preenche a lacuna da matriz. Se a criança não realizar com sucesso os itens A1 a A5 sugere-se a interrupção da aplicação.

O nível de dificuldade vai aumentado progressivamente de item para item e de série para série, sendo que cada uma segue uma lógica diferente: A série A exige atenção a detalhes visuais, a série Ab requer capacidade para fazer correspondências de acordo com um padrão e a série B implica capacidade de raciocínio e análise de estímulos não verbais (Baron, 2004). Todos os itens do teste foram criados de forma a que a sua

solução ocorra do ponto de vista perceptivo, espacial ou lógico de uma configuração (Pascuali, Wechsler, & Bensusan, 2002).

A cada resposta correta corresponde um ponto, sendo o total convertido para percentil (Strauss, Sherman, & Spreen, 2006). Embora não seja tido em conta para efeitos de cotação, o tempo que a criança demora a terminar cada série é contabilizado, não havendo um limite (Raven, & Raven, 2003).

#### **4. Instrumentos e medidas experimentais**

##### ***EYT Go/No-Go***

O EYT Go/ No-Go faz parte de um grupo de tarefas digitais, a Early Years Toolbox (EYT), cujo objetivo é medir o desenvolvimento emergente de capacidades cognitivas, sociais, linguísticas e de autorregulação em crianças pequenas. Cada prova é uma avaliação breve, apelativa e semelhante a um jogo desenhada para iPad. O EYT foi desenvolvido com o intuito de avaliar as funções cognitivas que se mostraram mais preditoras do sucesso futuro a nível académico, social, emocional e cognitivo.

O EYT Go/No-Go (GNG) é uma tarefa de avaliação da capacidade de inibição através da apresentação de estímulos visuais dinâmicos, ou seja, é mostrada às crianças uma janela onde vão passando peixes (ensaios *go*) e tubarões (ensaios *no-go*).

Uma das vantagens desta tarefa é que suas bases neurais estão bem mapeadas e sustentam a sua validade enquanto medida de inibição de resposta. Além disso, comparativamente com outras tarefas de inibição, a GNG requer poucos ensaios pelo que parece ser adequada para medir as diferenças individuais em crianças em idade pré-escolar, cujo curto tempo de atenção dificulta a administração de tarefas mais longas, particular relevância no contexto de avaliações mais extensas (Wiebe, Sheffield, & Espy, 2012).

Segundo protocolos previamente estabelecidos (Howard, & Okely, 2015; Wiebe *et al.*, 2012), é pedido aos participantes que toquem no ecrã nos ensaios *go* (“apanha o peixe”) e que não o façam nos ensaios *no-go* (“evita apanhar os tubarões”). Como a maioria dos estímulos são *go* (80% peixes), gera-se uma tendência para responder, o que exige aos participantes inibição dessa resposta nos ensaios *no-go* (20% de tubarões).

Antes de iniciar a tarefa, são dadas as instruções seguidas de ensaios de treino – cinco ensaios só com peixes, cinco ensaios só com tubarões e dez ensaios com ambos os estímulos. A tarefa consiste em 75 ensaios distribuídos igualmente em três blocos de teste, cada um separado por uma pequena pausa para reiteração das instruções.

Os estímulos são apresentados numa ordem pseudo-aleatória, isto é, um bloco nunca começa com um estímulo *no-go* e não existem mais do que dois ensaios *no-go* sucessivos. Cada ensaio envolve a apresentação de um estímulo animado (peixe ou tubarão) durante 1000ms para os participantes de 5 anos ou 1500ms para os de 4, separados por um intervalo de 1000ms entre estímulos (Howard, & Melhuish, 2017).

No final de cada aplicação é gerado um output onde consta, para cada ensaio, o tempo de resposta e se esta foi correta ou incorreta.

De acordo com a literatura (Howard, & Okely, 2015; Howard, & Melhuish, 2017), para garantir que apenas respostas válidas são incluídas na análise, devem remover-se os dados em caso de: respostas extremamente rápidas, ou seja, eliminam-se os ensaios individuais nos quais o tempo de resposta seja <300 ms, uma vez que é improvável que a resposta seja por reação ao estímulo; ausência de resposta, isto é, quando a precisão *go* <20% e a *no-go* >80% eliminam-se os blocos *go* e *no-go* respetivos; e resposta indiscriminada, na qual se eliminam os blocos *go* e *no-go* respetivos quando precisão *go* >80% e a *no-go* <20% – foi necessário proceder à eliminação de 4 conjuntos de blocos *go/no-go*. Nos casos em que são eliminados dois ou mais blocos no mesmo participante, a avaliação é excluída da análise – o que não aconteceu.

Posto isto, foi calculada a proporção correta para os ensaios *go* e a incorreta para os *no-go*, além disso foram calculados os tempos de resposta médios para os ensaios *go* corretos.

A proporção de acertos (ensaios *go* corretos) e falsos alarmes (ensaios *no-go* incorretos) foram utilizados para calcular a sensibilidade ( $d'$ ): a diferença normalizada entre a taxa de sucesso e a taxa de falsos alarmes – dada pela subtração do *z-score* da cauda direita do *p-value* dos falsos alarmes ao *z-score* da cauda direita do *p-value* dos acertos, (Macmillan, & Creelman, 2005). O índice de sensibilidade  $d'$  é frequentemente usado na literatura de detecção de sinal e reflete o grau em que um sujeito responde diferencialmente a duas classes de estímulos, onde valores mais altos refletem maior capacidade de discriminação (Wiebe *et al.*, 2012).

### ***Panamath***

O Software Panamath (Halberda *et al.*, 2008) é uma tarefa não-simbólica de comparação de pontos utilizada para avaliar a capacidade de representação de magnitude em crianças e adultos.

Nesta tarefa é pedido aos participantes que comparem dois conjuntos de pontos, um amarelo e outro azul, apresentados em simultâneo sobre um fundo cinzento e durante um intervalo de tempo de tal forma curto que impossibilita a contagem e decidam rapidamente em qual deles há maior quantidade. Cada ensaio começa com um ponto de fixação seguido da apresentação dos dois conjuntos e, finalmente, é mostrado um "?" branco até que seja dada uma resposta.

A instrução dada às crianças é a seguinte “*Vão aparecer pontos (bolinhas) amarelas e azuis. Aqui vão aparecer as amarelas (apontar lado esquerdo) e aqui as azuis (apontar lado direito). Vão aparecer e desaparecer muito rápido, por isso tens de estar com muita atenção para me conseguires indicar onde viste mais pontos, se nos amarelos se nos azuis. Basta tocares no botão Amarelo se achares que apareceram mais pontos amarelos*

*ou no botão Azul se achares que apareceram mais pontos azuis. Não tires os olhos do ecrã e tenta sempre olhar para a cruz que aparece no centro antes de aparecerem os pontos. Estás preparado/a? Vamos jogar!”.*

Os estímulos nesta tarefa são produzidos de forma a controlar propriedades visuais que potencialmente influenciem as respostas. As características visuais dos conjuntos de pontos são manipuladas de modo a não serem consistentemente indicatórias do número, ou seja, o conjunto maior nem sempre é o mais numeroso. Para o efeito, um método adotado foi o controlo da área de superfície cumulativa dos pontos. Os estímulos do Panamath podem ser de dimensão não controlada (*Non Size-Controlled*) e de dimensão controlada (*Size-Controlled*), no que concerne a relação entre a área de superfície cumulativa dos pontos e a numerosidade dos conjuntos, ou seja, o controlo de dimensão permite fazer variar o rácio do tamanho médio dos pontos de cada conjunto relativamente ao número de pontos que os compõem. Assim, um controlo de dimensão de expoente 0, dimensão não controlada, cria conjuntos com o mesmo tamanho médio pontos; um controlo de dimensão negativo cria pontos menores para o conjunto com mais pontos, e um controle de dimensão positivo cria pontos maiores para o conjunto com mais pontos.

Nos ensaios de dimensão não controlada o tamanho médio dos pontos de ambos os conjuntos é igual, o que faz com que o numerosidade do conjunto e a área de superfície cumulativa sejam diretamente proporcionais, ou seja, a cor do conjunto mais numeroso cobre uma maior área no ecrã relativamente à cor do conjunto menos numeroso – ensaio congruente –; nos de dimensão controlada é alterado o tamanho médio de cada conjunto de pontos de forma a que a área do ecrã preenchida por cada cor seja aproximadamente igual, não sendo possível identificar o conjunto mais numeroso através da área ocupada – ensaio incongruente.

Estes critérios podem ser alterados nas definições do programa no parâmetro expoente de controlo de dimensão (*Size Control Exponent*), que neste estudo foram de 0 para os ensaios de dimensão não controlada e de -1 para os de dimensão controlada.

O número de ensaios, 26 no total, é igual para ambas as idades. O tempo de apresentação dos estímulos foi definido de acordo com o que é proposto pelo programa para cada idade: 2322 ms para os participantes de 4 anos e 2128 ms para os de 5 anos. Os dois primeiros ensaios são considerados treino.

A medida escolhida para avaliar a precisão de cada participante é a fração de Weber (WF). A lei de Weber (Piazza, 2010) afirma que à medida que a razão entre as magnitudes de dois estímulos aumenta, mais facilmente a diferença entre os dois será percebida. Assim, uma vez que a probabilidade de distinguir se há mais pontos azuis ou amarelos aumenta à medida que aumenta a disparidade entre o número real de pontos azuis e amarelos, a lei de Weber também se aplica ao estudo dos resultados do Panamath. Quanto menor for o valor da WF melhor a capacidade de representação de magnitude.

No final de cada aplicação é gerado um output onde constam, para cada ensaio, o tempo de resposta, a precisão da resposta (se foi correta ou incorreta), WF total e WF nos ensaios congruentes e incongruentes, entre outros indicadores que não foram tidos em conta para a presente análise, bem como um documento com uma representação gráfica da performance na prova e dos percentis 90 e 10, e respetivos valores de WF, para a idade do participante. Os valores de WF abaixo do percentil 10 para cada idade,  $WF \geq 1,66$  para os 4 anos e  $WF \geq 1,23$  para os 5 anos (Panamath, 2011), foram excluídos da análise – o que aconteceu em 2 casos.

### ***Bateria Sentido de Número***

A Bateria Sentido de Número (BSN) é um instrumento que avalia um conjunto de competências numéricas simbólicas elementares à aprendizagem inicial da matemática em crianças do pré-escolar e início do ensino formal, desenvolvida por Jordan, Glutting e Ramineni (2008) e adaptada e aferida para a população portuguesa por Marcelino (2015).

Esta bateria é de aplicação individual, a sua aplicação varia entre 10 e 20 minutos e apresenta uma escala dicotómica para cada item (1= correto; 0 = incorreto).

As questões são colocadas à criança pelo avaliador e algumas requerem a utilização dos materiais que integram a bateria como o caderno de estímulos, fichas e caixa de papel. A prova tem apenas uma versão igual para todas as idades. A BSN é composta por 33 itens distribuídos por 7 subtestes distribuídos da seguinte forma:

1) Contagem (3 itens). Visa o conhecimento da sequência numérica até 30, a capacidade em numerar conjuntos até 5 objetos e o conhecimento da cardinalidade (e.g. “Quantas estrelas estão no papel que acabaste de ver?”);

2) Princípios de contagem (4 itens). Avalia a compreensão dos princípios de contagem, tais como o princípio da estabilidade da ordem. Neste subteste, é pedido à criança que reconheça contagens corretas, contagens incorretas (e.g. contar o primeiro objeto duas vezes), e contagens incomuns corretas (por exemplo, contar da direita para a esquerda ou a contar, num conjunto de pontos amarelos e azuis, contar primeiro os pontos amarelos e depois os pontos azuis);

3) Identificação do número (4 itens). Implica a nomeação de números. É pedido à criança que nomeie um número apresentado visualmente (por exemplo, 13) a partir da questão “Que número é esse?”;

4) Comparações numéricas (7 itens). Envolve a capacidade de comparar quantidades/magnitudes. Para avaliar o conhecimento do número, é pedido à criança que faça julgamentos de magnitudes numéricas de três modos diferentes: posição numérica, comparação numérica e proximidade numérica. No primeiro, é dado um número (por exemplo, o 7), e pede-se à criança para identificar o número que vem depois do número 7 e dois números depois do 7. No segundo, são apresentados dois números à criança (e.g. 5 e 7), e pede-se para indicar qual dos dois números é o maior ou menor. No terceiro, são apresentados três números (por exemplo, 6, 2 e 5), cada um colocado numa ponta de um triângulo equilátero fictício, e a criança é convidada

a identificar o número que está mais próximo do número da ponta superior do triângulo, com a seguinte instrução: “Qual o número que está mais próximo do 6: 2 ou 5?”;

5) Cálculo Não-Verbal (4 itens). Mede a capacidade em desempenhar simples transformações de adição e subtração com a presença de objetos e sem a presença de estímulos verbais. O examinador mostra um conjunto de fichas à criança, realiza a transformação aditiva ou subtrativa (removendo ou adicionando fichas) e pede à criança para apontar para o número de fichas que estão debaixo da caixa;

6) Problemas Verbais (5 itens). Avalia a capacidade da criança resolver pequenas situações problemáticas onde os objetos são referidos, mas não presentes, tendo em conta um estímulo verbal (e.g. “O José tem 3 bolachas. A Sara dá-lhe mais 2. Quantas bolachas tem o José agora?”);

7) Operações numéricas (6 itens). Envolve a resolução de operações de adições e subtrações simples, sem referência a objetos e com a presença de um estímulo meramente verbal (e.g. “Quanto é  $4 + 3$ ?”) (Marcelino, 2015, pp. 118-120).

### ***Dados pessoais***

De modo a caracterizar a amostra deste estudo, foram recolhidos dados acerca dos participantes que se traduzem em variáveis com diferentes classificações: idade dos participantes (em anos e meses) – quantitativa proporcional/razão; habilitações literárias das mães – qualitativa ordinal; e o género dos participantes – nominal.

## **5. Procedimento de recolha dos dados**

O presente estudo foi realizado no âmbito de uma investigação do Instituto de Ciências da Saúde da Universidade Católica Portuguesa cujo protocolo compreendia mais provas do que as utilizadas para a realização deste trabalho.

O projeto do estudo foi submetido à Comissão de Ética do Instituto de Ciências da Saúde e obteve a sua aprovação.

Contactaram-se três escolas em Lisboa, duas privadas e uma pública, e foi feita a apresentação do projeto às direções e às educadoras, na qual foram explicados os objetivos e procedimentos do estudo. Após consentimento das escolas, foi enviada aos encarregados de educação/pais uma carta com a apresentação do projeto, pedido de consentimento e um breve questionário sociodemográfico (Ver Anexos I, II e III).

Este estudo compreendeu dois momentos de avaliação. Entre Novembro de 2017 e Março de 2018 foram aplicadas as Matrizes Progressivas Coloridas de Raven (MPCR), o EYT Go/No-Go e o Panamath. A ordem de aplicação das duas últimas provas foi contrabalançada, de modo a que a metade dos participantes fosse aplicado o EYT Go/no-go primeiro a outra metade o Panamath. Entre Maio e Junho de 2018 foi aplicada a Bateria de Sentido de Número (BSN).

A recolha de dados aconteceu durante o ano letivo no período da manhã de modo a reduzir os efeitos da fadiga na performance das crianças. As aplicações das provas foram feitas individualmente em salas cedidas pelas escolas para o efeito. Preferencialmente, os protocolos seriam aplicados numa só sessão, no entanto, tendo em conta a idade da amostra, nem sempre foi possível e quando a criança apresentava cansaço a aplicação era interrompida e continuada no dia seguinte.

## **6. Processamento dos dados**

De acordo com as hipóteses colocadas, o procedimento estatístico necessário para as averiguar contemplou estudos correlacionais. A análise correlacional visa explorar a existência de relações entre variáveis, tal como existem naturalmente, e o grau de associação entre elas (Pais-Ribeiro, 2010).

Os dados recolhidos foram tratados com recurso ao software IBM SPSS, versão 25. No estudo utilizou-se como critério de significância  $p < .05$ .

As variáveis utilizadas na análise estatística do presente estudo são apresentadas na Tabela 2.

## **Tabela 2**

### *Variáveis utilizadas para análise estatística*

Variável	Descritivo da variável
$d'$	Índice de sensibilidade relativo à capacidade de discriminação entre estímulos <i>go</i> e <i>no-go</i> no EYT-GNG – prova de controlo inibitório
Fração de Weber total	Valor da fração de Weber relativa a todos os ensaios do Panamath – prova de representação de magnitude
Fração de Weber incongruentes	Valor da fração de Weber relativa aos ensaios incongruentes do Panamath – prova de representação de magnitude
Bateria Sentido Número Total	Resultado obtido na BSN – prova de conhecimentos matemáticos

## V. Resultados

Os resultados obtidos nas tarefas de controlo inibitório, representação de magnitude (desempenho total e desempenho nos ensaios congruentes) e na Bateria de Sentido de Número são apresentados na Tabela 3.

Após estudo da distribuição das variáveis foi eliminado um valor que correspondia a *outlier* extremo na variável Fração de Weber total.

**Tabela 3**

*Estatística descritiva das variáveis em estudo*

	<i>M</i>	<i>DP</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
d'	1.611	1.172	-0.562	5.102
Fração de Weber total	0.344	0.231	0.002	1.043
Fração de Weber incongruentes	0.308	0.274	0.002	1.185
Bateria Sentido Número Total	20.146	5.679	7	31

Os resultados da análise estatística encontram-se na Tabela 4.

#### Tabela 4

Resultados estatísticos das correlações entre os desempenhos nas provas de controlo inibitório ( $n=77$ ) e representação de magnitude ( $n_{total}=79$ ;  $n_{incongruentes}=77$ ) e na Bateria de Sentido de Número ( $n=82$ )

Variáveis	1	2	3	4
1. $d'$	—			
2. Fração de Weber total	.053	—		
3. Fração de Weber incongruentes	-.120	.699**	—	
4. Bateria Sentido Número Total	-.061	-.492**	-.393**	—

Nota. \*\*  $p < .01$ .

#### Hipótese 1

Para averiguar se o desempenho nos ensaios incongruentes numa tarefa de representação de magnitude está associado ao desempenho numa de controlo inibitório, correlacionou-se o  $d'$  com o Fração de Weber incongruente.

Correu-se uma correlação de Spearman para avaliar a relação entre  $d'$  e Fração de Weber incongruente por não se cumprirem os pressupostos à utilização de estatística paramétrica, uma vez que nenhuma das variáveis apresentou uma distribuição normal.

Não se verificou uma correlação estatisticamente significativa entre o  $d'$  e Fração de Weber dos ensaios incongruentes,  $r_s(64) = -.120$ ,  $p = 0,338$ . Desta forma, não é possível rejeitar a hipótese nula e aceitar a Hipótese 1.

## Hipótese 2

No sentido de testar se o desempenho numa tarefa de controlo inibitório está associado ao desempenho numa medida formal de conhecimentos de matemática, correlacionou-se o  $d'$  com resultado na BSN.

Foi realizada uma correlação de *Spearman* para estudar a relação entre as variáveis. Utilizou-se o coeficiente de correlação não paramétrico por não estarem reunidos os pressupostos para utilização de estatística paramétrica (Marôco, 2010), neste caso o estudo da normalidade demonstrou que a variável  $d'$  não apresentava uma distribuição normal.

Não se verificou uma correlação estatisticamente significativa entre o  $d'$  e BSN,  $r_s(75) = -.061$ ,  $p = 0,601$ . Desta forma, não é possível rejeitar a hipótese nula e aceitar a Hipótese 2.

## Hipótese 3

Para averiguar se o desempenho numa tarefa de representação de magnitude está associado ao desempenho numa medida formal de conhecimentos de matemática, correlacionaram-se a Fração de Weber total e o resultado na BSN.

Em primeiro lugar procedeu-se ao estudo da normalidade das variáveis e da existência de uma relação linear entre elas. A análise preliminar mostrou que a relação entre a Fração de Weber total e a BSN era linear, com ambas as variáveis a apresentarem uma distribuição normal, segundo a análise dos gráficos e os resultados no teste *Kolmogorov-Smirnov* ( $p > .05$ ).

Depois da validação dos pressupostos necessários à utilização de estatística paramétrica, calculou-se o coeficiente de correlação de *Pearson*. Os resultados da análise estatística encontram-se na Tabela 5.

Verificou-se uma correlação estatisticamente significativa negativa moderada entre Fração de Weber total e BSN,  $r(77) = -.49$ ,  $p < .001$ . Desta forma, é possível rejeitar a hipótese nula e aceitar a Hipótese 3.

Estes resultados indicam que quanto menor for a Fração de Weber total, que corresponde a uma melhor capacidade de representação de magnitude, melhor será o resultado na BSN.

## VI. Discussão

Apesar de ser um importante preditor do sucesso em várias áreas da vida e de ser essencial para a atividade quotidiana na maioria das culturas modernas, o conhecimento sobre os processos cognitivos específicos que explicam as diferenças individuais no desempenho em matemática é reduzido. Como tal, o presente trabalho de investigação teve como objetivo esclarecer questões relativamente às funções cognitivas que mais influenciam a aquisição das capacidades do cálculo e de que forma essa relação se manifesta.

Estudos anteriores demonstraram uma associação entre as capacidades executivas e as capacidades matemáticas. O controlo inibitório tem sido apontado como importante fator na aquisição das capacidades do cálculo direta e indiretamente, através do seu papel na autorregulação que permite às crianças orientarem a sua atenção em situações de aprendizagem em sala de aula (Allan, & Lonigan, 2011; Ursache *et al.*, 2012). Além disso, do ponto de vista neuronal, parece haver também uma relação entre estas capacidades uma vez que tanto o raciocínio e o cálculo matemáticos como o controlo inibitório estão dependentes do funcionamento do córtex pré frontal (Fiske, & Holmboe, 2019). No entanto, algumas investigações não encontraram esta associação e poucos foram os estudos que se debruçaram sobre a relação entre o CI e as capacidades matemáticas especificamente no período pré-escolar.

Além do CI, também a capacidade de representação de magnitude tem sido destacada como tendo um papel fundamental na aquisição e desenvolvimento das competências matemáticas (Feigenson *et al.*, 2013; Starr *et al.*, 2013). Contudo, têm surgido na literatura resultados díspares no que concerne à existência, robustez e efeitos mediadores desta relação (Price *et al.*, 2012; Sasanguie *et al.*, 2012).

Alguns autores propuseram que a associação entre tarefas de representação de magnitude, nomeadamente de comparação de pontos, e a aquisição da matemática é na realidade um artefacto da carga executiva de alguns ensaios dessas tarefas e não da precisão do ANS (Gilmore *et al.*, 2013). A confirmação desta hipótese levaria a duas

possíveis conclusões: as tarefas de comparação de pontos podem não ser medidas adequadas para a avaliação do ANS e a associação descrita na literatura entre o desempenho de crianças nestas tarefas e as aquisições matemáticas pode ser resultado das suas capacidades inibitórias e não da precisão da representação de magnitude.

Desta forma, os objetivos deste estudo visavam estudar a relação entre o controlo inibitório e o desempenho em tarefas de representação de magnitude em crianças do pré-escolar, bem como averiguar a relação entre estas funções e as capacidades matemáticas precoces.

A Hipótese 1 previa que o desempenho nos ensaios incongruentes no Panamath – cuja resolução exige que se inibam as características salientes dos estímulos, como o conjunto que ocupa mais área no ecrã, e se responda considerando apenas o número de pontos existente em cada conjunto – estaria correlacionado com o desempenho na tarefa de controlo inibitório.

Para testar esta hipótese foram criadas duas condições (congruente e incongruente) de apresentação dos pontos na tarefa comparação de pontos e correu-se uma correlação de Spearman entre os resultados na prova de controlo inibitório, dados por  $d'$ , e nos ensaios incongruentes do Panamath, dados pela WF.

Contrariamente ao esperado, não foi verificada uma correlação estatisticamente significativa entre o  $d'$  e WF incongruente, não se confirmando a hipótese formulada.

Os resultados podem dever-se aos parâmetros utilizados para a criação da condição de incongruência (expoente de controlo de dimensão). Ao analisar a distribuição e a frequência dos resultados dos ensaios incongruentes é possível observar que muitos valores se concentram perto de 0,3, o que corresponde a uma muito boa performance. Além disso, as prestações nas condições congruente e incongruente foram bastante semelhantes. Isto sugere que a prova não foi capaz de produzir a interferência necessária que exigisse a necessidade de inibição de uma resposta baseada nas características visuais dos estímulos, não havendo diferenças expressivas ao nível da

carga executiva na condição de incongruência relativamente à de congruência. Assim, caso os parâmetros definidos não tenham obrigado a uma inibição das características dos estímulos, é justificável que não se tenha verificado uma correlação entre a condição WF incongruente e a performance na prova de controlo inibitório.

Outra explicação diz respeito aos componentes inibitórios recrutados em cada tarefa visto que a de *go/no-go* avalia a capacidade de inibição de resposta, enquanto que a resolução dos ensaios incongruentes da tarefa comparação de pontos exigiria capacidade de controlo de interferência. Segundo Gandolfi, Viterbori, Traverso e Usai (2014), que estudaram a estrutura dos processos inibitórios em crianças, por volta dos 4 anos a inibição de resposta e o controlo de interferência apresentam-se como dois fatores distintos com prováveis diferenças relativamente aos períodos de maturação, o que pode explicar por que razão não foi encontrada uma relação entre os desempenhos nestas provas.

Por outro lado, a teoria que serviu como mote à formulação desta hipótese – que defende que a relação entre as competências matemáticas e o ANS é motivada pelas exigências inibitórias de alguns ensaios das tarefas utilizadas para avaliar a representação de magnitude, nomeadamente as de comparação de pontos, e não pela natureza das representações numéricas subjacentes – está ainda pouco estudada na literatura e é sustentada por uma investigação com crianças cuja média de idades era superior à da amostra do presente estudo, pelo que os resultados podem não se verificar em idades mais precoces.

Pelo descrito, seria interessante que em investigações futuras fosse incluída uma prova de controlo de interferência e alterados os parâmetros de forma produzir diferenças ao nível da exigência inibitória dos ensaios congruentes e incongruentes.

Para testar a Hipótese 2, que visava estudar a relação entre o controlo inibitório e as capacidades matemáticas precoces, analisaram-se os desempenhos na tarefa de CI e na bateria de sentido de número. Tendo em conta a literatura revista, a hipótese formulada

previa que o desempenho na tarefa de *go/no-go* estaria correlacionado com o desempenho na BSN, contudo esta não foi confirmada.

Uma possível explicação para os resultados é a natureza das tarefas, visto que diferentes tipos de tarefas exploram diferentes aspetos da capacidade de inibição cujo papel na aquisição de capacidades matemáticas pode variar. Consequentemente, os resultados da relação entre inibição e matemática podem depender das formas específicas de inibição e das tarefas selecionadas, havendo alguma evidência de que esta relação é mais forte quando a tarefa de inibição envolve estímulos numéricos do que não numéricos (Gilmore & Cragg, 2018).

Por sua vez, os resultados podem dever-se também à natureza da tarefa matemática. A capacidade matemática é complexa e compreende múltiplos domínios e conceitos com os quais o controlo inibitório se poderá correlacionar de forma distinta. Apesar de ter sido utilizada uma bateria que contempla diferentes competências numéricas simbólicas, para a análise apenas foi considerado o resultado global, o que pode ter camuflado o efeito da especificidade da tarefa matemática na relação com a capacidade inibitória.

Assim, de forma a clarificar a relação entre o CI e as capacidades do cálculo, parece pertinente analisar individualmente os diversos domínios da matemática, bem como selecionar tarefas de inibição com diferentes modalidades.

Por fim, a hipótese 3 antecipava que o desempenho no Panamath, dado pela WF, estaria correlacionado com o resultado na BSN. Os resultados obtidos corroboraram a hipótese formulada, tendo sido encontrada uma correlação negativa moderada entre as variáveis, ou seja, quanto menor o valor da WF melhor o resultado na BSN. Os dados sugerem, então, que uma melhor capacidade de representação de magnitude contribui para uma melhor capacidade matemática.

Ao contrário da hipótese ponderada por alguns autores (Libertus, Feigenson, & Halberda, 2011), a verificação desta correlação em idade pré-escolar sugere que a

relação entre o ANS e as capacidades matemáticas não está dependente do ensino formal da matemática, uma vez que este ainda não foi iniciado.

A identificação da representação de magnitude como preditor da aquisição das capacidades matemáticas pode ter implicações práticas importantes, nomeadamente a possibilidade de desenvolver medidas de avaliação e programas de estimulação que incorporem medidas não simbólicas. Uma estratégia deste tipo numa fase pré-escolar permite uma intervenção mais precoce, mesmo antes do início do ensino formal da matemática, com prováveis resultados positivos.

Tendo em conta o exposto, é importante que se acumule investigação no sentido de averiguar a associação entre o controlo inibitório e as tarefas de representação de magnitude bem como o papel destas funções na aquisição e desenvolvimento das capacidades matemáticas nomeadamente em fases mais precoces do desenvolvimento, o que poderá trazer novos dados e clarificar as relações.

## **1. Limitações**

O presente estudo tem algumas limitações que devem ser referidas e que poderão ter influenciado os resultados.

Em primeiro lugar, a maioria das crianças que compõem a amostra pertence a um meio socioeconómico médio/alto, o que, tendo em conta o que é descrito na literatura relativamente à disparidade entre as performances de crianças de meios socioeconómicos favoráveis e desfavoráveis neste tipo de tarefas, pode explicar uma performance melhor do que o esperado em algumas provas, influenciando os resultados.

Outra das limitações diz respeito às definições utilizadas no parâmetro de controlo de dimensão na prova de representação de magnitude, tal como exposto na Discussão.

Por fim, a amostra foi constituída através de um processo de amostragem não aleatório, o que à partida compromete a generalização dos resultados para a população.

## **2. Sugestões para estudos futuros**

Tendo em conta as limitações referidas, sugerem-se algumas recomendações para investigações futuras.

Em primeiro lugar, as diferentes condições de congruência devem ser criadas de forma a haver uma clara diferença ao nível da exigência executiva dos ensaios congruentes e incongruentes, o que, no software Panamath, poderá ser conseguido através de alterações das definições de controlo da dimensão. Para os ensaios incongruentes sugere-se um expoente de controlo da dimensão  $< -1$ . Outra sugestão passa pela criação de três condições de congruência de forma a que 1) o conjunto mais numeroso apresente uma maior área, 2) os dois conjuntos apresentem uma área semelhante, 3) o conjunto mais numeroso apresente uma menor área, o que permitiria uma análise mais exaustiva do efeito do CI na tarefa.

Propõe-se também a aplicação deste protocolo numa amostra mais diversificada no que diz respeito ao contexto socioeconómico.

Por fim, sugere-se adaptação deste estudo para um *design* longitudinal, que acompanhe a amostra ao longo do tempo, repetindo as avaliações de forma a estudar a evolução das funções em estudo e o desenvolvimento das relações que estabelecem.

## VII. Conclusões

Estudos sugerem que dificuldades precoces no desempenho em matemática tendem a persistir com a idade (Clark, & Woodward, 2010), o que é particularmente grave tendo em conta que o sucesso dos indivíduos em lidar com números e quantidades está relacionado com melhores perspectivas de emprego, salário e qualidade de vida (Gilmore *et al.*, 2013).

Perceber quais os processos e domínios cognitivos que medeiam a aquisição de capacidades matemáticas é o ponto de partida para a compreender a trajetória desenvolvimento típico que, por sua vez, permitirá identificar precocemente casos atípicos, desenvolver estratégias de intervenção adequadas e implementar metodologias de ensino ajustadas às necessidades em cada faixa etária.

A literatura sobre o desenvolvimento dos conhecimentos matemáticos tem destacado a importância do controlo inibitório (Espy, McDiarmid, Cwik, Stalets, Hamby, & Senn, 2004) e a representação e manipulação não-simbólica de informação numérica (Libertus, Feigenson, & Halberda, 2011). Contudo, alguns autores propõe que o efeito da representação da magnitude na aquisição das competências matemáticas é um artefacto das exigências ao nível do controlo inibitório dos paradigmas utilizados para a avaliação do ANS (Gilmore *et al.*, 2013).

Assim, o objetivo deste trabalho era avaliar a influência do controlo inibitório e da capacidade de representação de magnitude na aquisição de capacidades matemáticas em crianças de desenvolvimento normal no pré-escolar.

No presente estudo foi possível confirmar a associação entre o desempenho numa tarefa de representação de magnitude e as capacidades matemáticas precoces, mas não foram corroboradas as hipóteses que previam a correlação entre o controlo inibitório e 1) as capacidades matemáticas; 2) o desempenho nos ensaios incongruentes de uma tarefa de comparação de pontos.

A interpretação dos resultados apurados deve ter em consideração as limitações identificadas, que reforçam a importância do afinamento dos instrumentos para a população em estudo.

Por fim, tendo em conta a fraca numeracia patente na população Portuguesa, é de salientar a necessidade de acumular investigação sobre as funções cognitivas que mais influenciam a aquisição das capacidades do cálculo e de que forma essa relação se expressa, nomeadamente no período pré-escolar.

## VIII. Referências

Agostino, A., Johnson, J., & Pascual-Leone, J. (2010). Executive functions underlying multiplicative reasoning: Problem type matters. *Journal of Experimental Child Psychology, 105*, 285–305.

Allan, N. P., & Lonigan, C. J. (2011). Examining the dimensionality of effortful control in preschool children and its relation to academic and socioemotional indicators. *Developmental psychology, 47*(4), 905–915. doi:10.1037/a0023748

Allan, N. P., Hume, L. E., Allan, D. M., Farrington, A. L., & Lonigan, C. J. (2014). Relations between inhibitory control and the development of academic skills in preschool and kindergarten: A meta-analysis. *Developmental Psychology, 50*(10), 2368-2379. <http://dx.doi.org/10.1037/a0037493>

Alderton, D. L., & Larson, G. E. (1990). Dimensionality of Raven's Advanced Progressive Matrices Items. *Educational and Psychological Measurement, 50*(4), 887–900. doi:10.1177/0013164490504019

Anzman-Frasca, S., Francis, L. A., & Birch, L. L. (2015). Inhibitory control is associated with psychosocial, cognitive, and weight outcomes in a longitudinal sample of girls. *Translational Issues in Psychological Science, 1*(3), 203-216. <http://dx.doi.org/10.1037/tps0000028>

Aunola, K., Leskinen, E., Lerkkanen, M.-K., & Nurmi, J.-E. (2004). Developmental Dynamics of Math Performance From Preschool to Grade 2. *Journal of Educational Psychology, 96*(4), 699–713. doi:10.1037/0022-0663.96.4.699

Baron, I. (2004). *Neuropsychological evaluation of the child*. New York: Oxford University Press.

Bartelet, D., Vaessen, A., Blomert, L., & Ansari, D. (2014). *What basic number processing measures in kindergarten explain unique variability in first-grade arithmetic proficiency?* *Journal of Experimental Child Psychology*, *117*, 12–28. doi:10.1016/j.jecp.2013.08.010

Best, J. R., Miller, P. H., & Jones, L. L. (2009). Executive functions after age 5: Changes and correlates. *Developmental Review*, *29*(3), 180–200. doi:10.1016/j.dr.2009.05.002

Best, J. R., & Miller, P. H. (2010). A Developmental Perspective on Executive Function. *Child Development*, *81*(6), 1641–1660. doi:10.1111/j.1467-8624.2010.01499.x

Bisanz, J., Sherman, J. L., Rasmussen, C., & Ho, E. (2005). Development of arithmetic skills and knowledge in preschool children. In J. I. D. Campbell (Ed.), *Handbook of mathematical cognition* (pp. 143-162). New York, NY, US: Psychology Press. - book

Blair, C., & Razza, R. P. (2007). Relating effortful control, executive function, and false belief understanding to emerging math and literacy ability in kindergarten. *Child Development*, *78*, 647–663.

Bonny, J. W., & Lourenco, S. F. (2013). The approximate number system and its relation to early math achievement: Evidence from the preschool years. *Journal of Experimental Child Psychology*, *114*(3), 375–388. doi:10.1016/j.jecp.2012.09.015

Brydges, C. R., Fox, A. M., Reid, C. L., & Anderson, M. (2014). The differentiation of executive functions in middle and late childhood: A longitudinal latent-variable analysis. *Intelligence*, *47*, 34–43. doi:10.1016/j.intell.2014.08.010

Bull, R., Scerif, G. (2001) Executive functioning as a predictor of childrens mathematics ability: inhibition, switching and working memory. *Developmental Neuropsychology* , *19*(3), 273–93, [http://dx.doi.org/10.1207/S15326942DN1903\\_3](http://dx.doi.org/10.1207/S15326942DN1903_3).

Bull, R., Espy, K. A., Wiebe, S. A., Sheffield, T. D., & Nelson, J. M. (2010). Using confirmatory factor analysis to understand executive control in preschool children:

sources of variation in emergent mathematic achievement. *Developmental Science*, 14(4), 679–692. doi:10.1111/j.1467-7687.2010.01012.x

Bush, G., Luu, P., & Posner, M. I. (2000). Cognitive and emotional influences in anterior cingulate cortex. *Trends in Cognitive Sciences*, 4(6), 215–222. doi:10.1016/s1364-6613(00)01483-2

Carter, C. S., Botvinick, M. M., & Cohen, J. D. (1999). The Contribution of the Anterior Cingulate Cortex to Executive Processes in Cognition. *Reviews in the Neurosciences*, 10(1). doi:10.1515/revneuro.1999.10.1.49

Chen, Q., & Li, J. (2014). Association between individual differences in non-symbolic number acuity and math performance: A meta-analysis. *Acta Psychologica*, 148, 163–172. doi:10.1016/j.actpsy.2014.01.016

Clark, C. A. C., Pritchard, V. E., & Woodward, L. J. (2010). Preschool executive functioning abilities predict early mathematics achievement. *Developmental Psychology*, 46(5), 1176–1191. doi:10.1037/a0019672

Clayton, S., & Gilmore, C. (2014). Inhibition in dot comparison tasks. *ZDM*, 47(5), 759–770. doi:10.1007/s11858-014-0655-2

Clayton, S., Gilmore, C., & Inglis, M. (2015). Dot comparison stimuli are not all alike: The effect of different visual controls on ANS measurement. *Acta Psychologica*, 161, 177–184. doi:10.1016/j.actpsy.2015.09.007

Cohen, J. D., Botvinick, M., & Carter, C. S. (2000). Anterior cingulate and prefrontal cortex: who's in control? *Nature Neuroscience*, 3(5), 421–423. doi:10.1038/74783

Cragg, L., Gilmore, C. (2014). Skills underlying mathematics: The role of executive function in the development of mathematics proficiency. *Trends in Neuroscience and Education*. 3. 10.1016/j.tine.2013.12.001.

Cragg, L., & Nation, K. (2008). Go or no-go? Developmental improvements in the efficiency of response inhibition in mid-childhood. *Developmental Science*, *11*(6), 819–827. doi:10.1111/j.1467-7687.2008.00730.x

Dehaene, S. (2001). Precis of The Number Sense. *Mind and Language*, *16*(1), 16–36. doi:10.1111/1468-0017.00154

Dehaene, S., & Changeux, J.-P. (1993). Development of Elementary Numerical Abilities: A Neuronal Model. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *5*(4), 390–407. doi:10.1162/jocn.1993.5.4.390

Dehaene, S., & Cohen, L. (1997). Cerebral Pathways for Calculation: Double Dissociation between Rote Verbal and Quantitative Knowledge of Arithmetic. *Cortex*, *33*(2), 219–250. doi:10.1016/s0010-9452(08)70002-9

De Smedt, B., Verschaffel, L., & Ghesquière, P. (2009). *The predictive value of numerical magnitude comparison for individual differences in mathematics achievement*. *Journal of Experimental Child Psychology*, *103*(4), 469–479. doi:10.1016/j.jecp.2009.01.010

DeWind, N. K., & Brannon, E. M. (2012). Malleability of the approximate number system: effects of feedback and training. *Frontiers in Human Neuroscience*, *6*. doi:10.3389/fnhum.2012.00068

Diamond, A. (1991). Frontal lobe involvement in cognitive changes during the first year of life. In K. R. Gibson & A. C. Petersen (Eds.), *Brain maturation and cognitive development: Comparative and cross-cultural perspectives* (pp. 127-180). New York, NY: Aldine de Gruyter.

Diamond, A. (2002). *Normal development of prefrontal cortex from birth to young adulthood: Cognitive functions, anatomy, and biochemistry*. In D. T. Stuss & R. T. Knight (Eds.), *Principles of frontal lobe function* (pp. 466-503). New York, NY, US: Oxford University Press. <http://dx.doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195134971.003.0029> - book

Diamond, A. (2013). Executive Functions. *Annual Review of Psychology*, *64*(1), 135–168. doi:10.1146/annurev-psych-113011-143750

Diamond, A., Barnett, W. S., Thomas, J., & Munro, S. (2007). Preschool program improves cognitive control. *Science (New York, N.Y.)*, *318*(5855), 1387–1388. doi:10.1126/science.1151148

Duan, X., Wei, S., Wang, G., & Shi, J. (2010). The relationship between executive functions and intelligence on 11- to 12-year-old children. *Psychological Test and Assessment Modeling*, *52*(4), 419–431.

Duncan, G. J., Dowsett, C. J., Claessens, A., Magnuson, K., Huston, A. C., Klebanov, P., & Crista, J. (2007). School readiness and later achievement. *Developmental Psychology*, *43*, 1428–1446. doi:10.1037/0012-1649.43.6.1428

Eisenberg, N., Cumberland, A., Spinrad, T. L., Fabes, R. A., Shepard, S. A., Reiser, M., ... Guthrie, I. K. (2001). The Relations of Regulation and Emotionality to Children's Externalizing and Internalizing Problem Behavior. *Child Development*, *72*(4), 1112–1134. doi:10.1111/1467-8624.00337

Entwisle, D., & Hayduk, L. A. (1988). Lasting effects of elementary school. *Sociology of Education*, *61*, 147–159. doi:10.2307/2112624

Fazio, L. K., Bailey, D. H., Thompson, C. A., & Siegler, R. S. (2014). Relations of different types of numerical magnitude representations to each other and to mathematics achievement. *Journal of Experimental Child Psychology*, *123*, 53–72. doi:10.1016/j.jecp.2014.01.013

Feigenson, L., Dehaene, S., & Spelke, E. (2004). Core systems of number. *Trends in Cognitive Sciences*, *8*(7), 307–314. doi:10.1016/j.tics.2004.05.002

Feigenson, L., Libertus, M. E., & Halberda, J. (2013). Links Between the Intuitive Sense of Number and Formal Mathematics Ability. *Child Development Perspectives, 7*(2), 74–79. doi:10.1111/cdep.12019

Fiske, A., & Holmboe, K. (2019). Neural substrates of early executive function development. *Developmental Review, 52*, 42–62. doi:10.1016/j.dr.2019.100866

Friedman, N. P., & Miyake, A. (2004). The Relations Among Inhibition and Interference Control Functions: A Latent-Variable Analysis. *Journal of Experimental Psychology: General, 133*(1), 101–135. doi:10.1037/0096-3445.133.1.101

Friedman, N. P., Miyake, A., Robinson, J. L., & Hewitt, J. K. (2011). Developmental trajectories in toddlers' self-restraint predict individual differences in executive functions 14 years later: A behavioral genetic analysis. *Developmental Psychology, 47*(5), 1410–1430. doi:10.1037/a0023750

Friedman, N. P., & Miyake, A. (2017). Unity and diversity of executive functions: Individual differences as a window on cognitive structure. *Cortex, 86*, 186–204. doi:10.1016/j.cortex.2016.04.023

Fuhs, M. W., & McNeil, N. M. (2012). *ANS acuity and mathematics ability in preschoolers from low-income homes: contributions of inhibitory control. Developmental Science, 16*(1), 136–148. doi:10.1111/desc.12013

Gallistel, C. R. & Gelman, R. (1992) Preverbal and verbal counting and computation. *Cognition, , 44*(1-2), 43–74. doi:10.1016/0010-0277(92)90050-r

Gandolfi, E., Viterbori, P., Traverso, L., & Usai, M. C. (2014). Inhibitory processes in toddlers: a latent-variable approach. *Frontiers in Psychology, 5*. doi:10.3389/fpsyg.2014.00381

Garon, N., Bryson, S. E., & Smith, I. M. (2008). Executive function in preschoolers: A review using an integrative framework. *Psychological Bulletin*, *134*(1), 31–60. doi:10.1037/0033-2909.134.1.31

Geary, D. C. (1994). *Children's mathematical development: Research and practical applications*. Washington, DC, US: American Psychological Association.

Geary, D. C., Hoard, M. K., Byrd-Craven, J., Nugent, L., & Numtee, C. (2007). Cognitive Mechanisms Underlying Achievement Deficits in Children With Mathematical Learning Disability. *Child Development*, *78*(4), 1343–1359. doi:10.1111/j.1467-8624.2007.01069.x

Gersten, R., Jordan, N. C., & Flojo, J. R. (2005). Early Identification and Interventions for Students With Mathematics Difficulties. *Journal of Learning Disabilities*, *38*(4), 293–304. doi:10.1177/00222194050380040301

Gilmore, C., Attridge, N., Clayton, S., Cragg, L., Johnson, S., Marlow, N., *et al.* (2013). Individual differences in inhibitory control, not non-verbal number acuity, correlate with mathematics achievement. *PLoS One*, *8*(6), e67374, <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0067374>.

Gilmore, C., & Cragg, L. (2018). The Role of Executive Function Skills in the Development of Children's Mathematical Competencies. *Heterogeneity of Function in Numerical Cognition*, 263–286. doi:10.1016/b978-0-12-811529-9.00014-5

Ginsburg, H. P., Klein, A., & Starkey, P. (1998). The Development of Children's Mathematical Thinking: Connecting Research with Practice. In W. Damon, I. E. Sigel, & K. A. Renninger (Eds.), *Handbook of child psychology: Child psychology in practice* (pp. 401-476). Hoboken, NJ, US: John Wiley & Sons Inc.

Hamre, B. K., & Pianta, R. C. (2001). Early teacher–child relationships and the trajectory of children's school outcomes through eighth grade. *Child Development*, *72*, 625–638. doi:10.1111/1467-8624.00301

Halberda, J. & Feigenson, L. (2008) Developmental change in the acuity of the 'Number Sense': The Approximate Number System in 3-, 4-, 5-, and 6-year-olds and adults. *Dev. Psychol.* 44, 1457–1465

Halberda, J., Mazocco, M.M., & Feigenson, L. (2008). Individual differences in non-verbal number acuity correlate with maths achievement. *Nature*, 455(7213), 665–668. doi:10.1038/nature07246

Halberda, J., Ly, R., Wilmer, J. B., Naiman, D. Q., & Germine, L. (2012). Number sense across the lifespan as revealed by a massive Internet-based sample. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(28), 11116–11120. doi:10.1073/pnas.1200196109

Holmboe, K., Bonneville-Roussy, A., Csibra, G., & Johnson, M. H. (2018). Longitudinal development of attention and inhibitory control during the first year of life. *Developmental Science*, e12690. doi:10.1111/desc.12690

Huizinga, M., Dolan, C. V., & van der Molen, M. W. (2006). Age-related change in executive function: Developmental trends and a latent variable analysis. *Neuropsychologia*, 44(11), 2017-2036. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2006.01.010>

Izard, V., Sann, C., Spelke, E. S., & Streri, A. (2009). Newborn infants perceive abstract numbers. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(25), 10382–10385. doi:10.1073/pnas.0812142106

Jordan, N. C., Glutting, J., & Ramineni, C. (2008). A number sense assessment tool for identifying children at risk for mathematical difficulties. In A. Dowker, *Mathematical difficulties: psychology and intervention*, pp. 45-58. San Diego, CA: Academic Press.

Jordan, N. C., Kaplan, D., Ramineni, C., & Locuniak, M. N. (2009). *Early math matters: Kindergarten number competence and later mathematics outcomes*. *Developmental Psychology*, 45(3), 850–867. doi:10.1037/a0014939

Lehto, J. E., Juujärvi, P., Kooistra, L., & Pulkkinen, L. (2003). Dimensions of executive functioning: Evidence from children. *British Journal of Developmental Psychology*, *21*(1), 59–80. doi:10.1348/026151003321164627

Lengua, L. J. (2002). The Contribution of Emotionality and Self-Regulation to the Understanding of Children's Response to Multiple Risk. *Child Development*, *73*(1), 144–161. doi:10.1111/1467-8624.00397

Libertus, M. E., & Brannon, E. M. (2010). Stable individual differences in number discrimination in infancy. *Developmental Science*, *13*(6), 900–906. doi:10.1111/j.1467-7687.2009.00948.x

Libertus, M. E., Feigenson, L., & Halberda, J. (2011). Preschool acuity of the approximate number system correlates with school math ability. *Developmental Science*, *14*(6), 1292–1300. doi:10.1111/j.1467-7687.2011.01080.x

Libertus, M. E., Odic, D., & Halberda, J. (2012). Intuitive sense of number correlates with math scores on college-entrance examination. *Acta Psychologica*, *141*(3), 373–379. doi:10.1016/j.actpsy.2012.09.009

Lipton, J. S., & Spelke, E. S. (2003). Origins of Number Sense. *Psychological Science*, *14*(5), 396–401. doi:10.1111/1467-9280.01453

Lourenco, S. F., Bonny, J. W., Fernandez, E. P., & Rao, S. (2012). Nonsymbolic number and cumulative area representations contribute shared and unique variance to symbolic math competence. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *109*(46), 18737–18742. doi:10.1073/pnas.1207212109

Lyons, I. M., & Beilock, S. L. (2011). Numerical ordering ability mediates the relation between number-sense and arithmetic competence. *Cognition*, *121*(2), 256–261. doi:10.1016/j.cognition.2011.07.009

Macmillan, N. A., & Creelman, C. D. (2005). *Detection theory: A user's guide* (2nd ed.). Mahwah, NJ, US: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.

Marcelino, L. (2015) Sentido de número e desempenho em matemática: Identificação e acompanhamento em alunos do 1o e 2o ano de escolaridade. (Tese de doutoramento não publicada). Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias Instituto de Educação, PT

Mazzocco, M.M.M., Feigenson, L., & Halberda, J. (2011). Preschoolers' precision of the approximate number system predicts later school mathematics performance. *PLoS ONE*, *6*(9), e23749.

McClelland, M. M., Cameron, C. E., Connor, C. M., Farris, C. L., Jewkes, A. M., & Morrison, F. J. (2007). Links between behavioral regulation and preschoolers' literacy, vocabulary, and math skills. *Developmental Psychology*, *43*, 947–959.

McKenna, R., Rushe, T., & Woodcock, K. A. (2017). Informing the Structure of Executive Function in Children: A Meta-Analysis of Functional Neuroimaging Data. *Frontiers in Human Neuroscience*, *11*.doi:10.3389/fnhum.2017.00154

Miller, M. R., Giesbrecht, G. F., Müller, U., McInerney, R. J., & Kerns, K. A. (2012). A Latent Variable Approach to Determining the Structure of Executive Function in Preschool Children. *Journal of Cognition and Development*, *13*(3), 395–423.doi:10.1080/15248372.2011.585478

Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The Unity and Diversity of Executive Functions and Their Contributions to Complex “Frontal Lobe” Tasks: A Latent Variable Analysis. *Cognitive Psychology*, *41*(1), 49–100. doi:10.1006/cogp.1999.0734

Miyake, A., & Friedman, N. P. (2012). The Nature and Organization of Individual Differences in Executive Functions. *Current Directions in Psychological Science*, *21*(1), 8–14. doi:10.1177/0963721411429458

Moffitt, T. E., Arseneault, L., Belsky, D., Dickson, N., Hancox, R. J., Harrington, H., ... Caspi, A. (2011). A gradient of childhood self-control predicts health, wealth, and public safety. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *108*(7), 2693–2698. doi:10.1073/pnas.1010076108

Monette, S., Bigras, M., & Guay, M.-C. (2011). The role of the executive functions in school achievement at the end of Grade 1. *Journal of Experimental Child Psychology*, *109*(2), 158–173. doi:10.1016/j.jecp.2011.01.008

Norris, J. E., & Castronovo, J. (2016). Dot Display Affects Approximate Number System Acuity and Relationships with Mathematical Achievement and Inhibitory Control. *PLOS ONE*, *11*(5), e0155543. doi:10.1371/journal.pone.0155543

Pais-Ribeiro, J. (2010). *Investigação e avaliação em psicologia e saúde*. Lisboa, PT: Placebo, Editora Lda. ISBN 978 989-8463-01-2

Panamath (2011) *Interact with Panamath*. Retirado de <http://panamath.org/researchers.php>

Parsons, S., & J. Bynner (2005). *Does numeracy matter more?* London: National Research and Development Centre for Adult Literacy and Numeracy [NRDC].

Pasquali, L., Wechsler, S., Bensusan, E. (2002). Matrizes Progressivas do Raven Infantil: Um Estudo de Validação para o Brasil. *Avaliação Psicológica*, *2*, 95-110.

Piazza, M., Mechelli, A., Butterworth, B., & Price, C. J. (2002). Are Subitizing and Counting Implemented as Separate or Functionally Overlapping Processes? *NeuroImage*, *15*(2), 435–446. doi:10.1006/nimg.2001.0980

Piazza, M. (2010). Neurocognitive start-up tools for symbolic number representations. *Trends in Cognitive Sciences*, *14*(12), 542–551. doi:10.1016/j.tics.2010.09.008

Piazza, M. *et al.* (2010) Developmental trajectory of number acuity reveals a severe impairment in developmental dyscalculia. *Cognition*, *116*, 33–41

Piazza, M., Pinel, P., Le Bihan, D., & Dehaene, S. (2007). *A Magnitude Code Common to Numerosities and Number Symbols in Human Intraparietal Cortex*. *Neuron*, *53*(2), 293–305. doi:10.1016/j.neuron.2006.11.022

Posner, M. I., & Rothbart, M. K. (1998). Attention, self-regulation and consciousness. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, *353*(1377), 1915–1927. doi:10.1098/rstb.1998.0344

Powell, S. R., & Fuchs, L. S. (2012). Early Numerical Competencies and Students with Mathematics Difficulty. *Focus on exceptional children*, *44*(5), 1–16.

Price, G. R., Palmer, D., Battista, C., & Ansari, D. (2012). Nonsymbolic numerical magnitude comparison: Reliability and validity of different task variants and outcome measures, and their relationship to arithmetic achievement in adults. *Acta Psychologica*, *140*(1), 50–57. doi:10.1016/j.actpsy.2012.02.008

Raven, J., & Raven, J. (2003). Raven Progressive Matrices. In R. S. McCallum (Ed.), *Handbook of nonverbal assessment* (pp. 223-237). New York, NY, US: Kluwer Academic/Plenum Publishers. [http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4615-0153-4\\_11](http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4615-0153-4_11)

Raven, J., Raven, J. C., & Court, J. H. (2009). CPM-P. Coloured Progressive Matrices (Parallel Form). USA: Pearson, Inc. & Lisbon, Portugal: CEGOC-TEA.

Rhoades, B. L., Greenberg, M. T., & Domitrovich, C. E. (2009). The contribution of inhibitory control to preschoolers' social-emotional competence. *Journal of Applied Developmental Psychology*, *30*(3), 310–320. doi:10.1016/j.appdev.2008.12.012

Sasanguie, D., De Smedt, B., Defever, E., & Reynvoet, B. (2011). Association between basic numerical abilities and mathematics achievement. *British Journal of Developmental Psychology*, *30*(2), 344–357. doi:10.1111/j.2044-835x.2011.02048.x

Schneider, M., Beeres, K., Coban, L., Merz, S., Susan Schmidt, S., Stricker, J., & De Smedt, B. (2016). Associations of non-symbolic and symbolic numerical magnitude processing

with mathematical competence: a meta-analysis. *Developmental Science*, 20(3), e12372. doi:10.1111/desc.12372

Siegler, R. S., & Booth, J. L. (2004). Development of Numerical Estimation in Young Children. *Child Development*, 75(2), 428–444. doi:10.1111/j.1467-8624.2004.00684.x

Simpson, A., & Riggs, K. J. (2005). Inhibitory and working memory demands of the day-night task in children. *British Journal of Developmental Psychology*, 23(3), 471–486. doi:10.1348/026151005x28712

Simpson, A., & Riggs, K. J. (2006). Conditions under which children experience inhibitory difficulty with a “button-press” go/no-go task. *Journal of Experimental Child Psychology*, 94(1), 18–26. doi:10.1016/j.jecp.2005.10.003

Smith-Donald, R., Raver, C. C., Hayes, T., & Richardson, B. (2007). Preliminary construct and concurrent validity of the Preschool Self-regulation Assessment (PSRA) for field-based research. *Early Childhood Research Quarterly*, 22(2), 173–187. doi:10.1016/j.ecresq.2007.01.002

Starr, A., Libertus, M. E., & Brannon, E. M. (2013). Number sense in infancy predicts mathematical abilities in childhood. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(45), 18116–18120. doi:10.1073/pnas.1302751110

St Clair-Thompson, H. L., & Gathercole, S. E. (2006). Executive functions and achievements in school: Shifting, updating, inhibition, and working memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 59(4), 745–759. doi:10.1080/17470210500162854

Ursache, A., Blair, C., & Raver, C. C. (2012). The promotion of self-regulation as a means of enhancing school readiness and early achievement in children at risk for school failure. *Child Development Perspectives*, 6, 122–128. doi:10.1111/j.1750-8606.2011.00209.x

Usai, M. C., Viterbori, P., Traverso, L., & De Franchis, V. (2013). Latent structure of executive function in five- and six-year-old children: A longitudinal study. *European Journal of Developmental Psychology, 11*(4), 447–462. doi:10.1080/17405629.2013.840578

Valiente, C., Lemery-Chalfant, K., & Swanson, J. (2010). Prediction of kindergartners' academic achievement from their effortful control and emotionality: Evidence for direct and moderated relations. *Journal of Educational Psychology, 102*, 550–560. doi:10.1037/a0018992

Verbruggen, F., & Logan, G. D. (2008). Response inhibition in the stop-signal paradigm. *Trends in cognitive sciences, 12*(11), 418–424. doi:10.1016/j.tics.2008.07.005

Verguts, T., & Fias, W. (2004). Representation of Number in Animals and Humans: A Neural Model. *Journal of Cognitive Neuroscience, 16*(9), 1493–1504. doi:10.1162/0898929042568497

Vuokko, E., Niemivirta, M., & Helenius, P. (2013). Cortical activation patterns during subitizing and counting. *Brain Research, 1497*, 40–52. doi:10.1016/j.brainres.2012.12.019

Waber, D. P., Gerber, E. B., Turcios, V. Y., Wagner, E. R., & Forbes, P. W. (2006). Executive functions and performance on high-stakes testing in children from urban schools. *Developmental Neuropsychology, 29*, 459–477.

Wiebe S. A., Sheffield T. D., Espy K. A. (2012). Separating the fish from the sharks: A longitudinal study of preschool response inhibition. *Child Development, 83*, 1245- 1261.

Willoughby, M. T., Kupersmidt, J. B., & Voegler-Lee, M. E. (2012). Is preschool executive function causally related to academic achievement? *Child Neuropsychology, 18*(1), 79–91. doi:10.1080/09297049.2011.578572

Wu, K. K., Chan, S. K., Leung, P. W. L., Liu, W. S., Leung, F. L. T., & Ng, R. (2011). Components and developmental differences of executive functioning for school-aged children. *Developmental Neuropsychology*, *36*(3), 319–337. <http://dx.doi.org/10.1080/87565641.2010.549979>.

Wynn, K. (1992). Addition and subtraction by human infants. *Nature*, *358*(6389), 749–750. doi:10.1038/358749a0

Xu, F., & Spelke, E. S. (2000). Large number discrimination in 6-month-old infants. *Cognition*, *74*(1), B1–B11. doi:10.1016/s0010-0277(99)00066-9



## IX. Anexos

### Anexo I – Apresentação do Projeto



#### APRESENTAÇÃO DO PROJETO MATEMÁTICA NO PRÉ-ESCOLAR

Em colaboração com o Instituto de Ciências da Saúde da Universidade Católica Portuguesa, informamos que está a decorrer o projeto: “Desenvolvimento das representações de quantidade no pré-escolar” com o objetivo de estudar as competências de sentido de número em crianças dos 3 aos 5 anos.

Este projeto passa pela aplicação de um conjunto de tarefas cujos principais domínios de análise são: (i) raciocínio não-verbal (ii) funções executivas (capacidade para planear e monitorizar a execução de atividades novas) (iii) memória de trabalho (iv) sentido de número (ex: percepção de pequenas quantidades; conhecimento do sistema numérico). Estima-se que a duração de aplicação do protocolo é de 50 minutos, sendo o momento de recolha previamente definido com os Educadores. Está garantido junto da instituição escolar que nenhum teste será usado para seriar ou classificar as crianças não tendo qualquer impacto na sua vida escolar.

O estudo das trajetórias de desenvolvimento das capacidades relacionados com o número durante a idade pré-escolar pode ajudar a responder às questões relacionadas com as perturbações de aprendizagem do cálculo.

Os dados obtidos serão tratados em conjunto e unicamente utilizados para fins académicos (dissertações de mestrado) e científico (revistas científicas) assegurando-se a sua confidencialidade e anonimato. Será utilizado um sistema de codificação dos participantes. Para além do mais, a participação no estudo é totalmente voluntária. Ao longo da prova é assegurado o assentimento da criança podendo a mesma recusar ou desistir em qualquer momento.

**Caso autorize a participação** do seu educando na investigação **assine**, por favor, o **consentimento informado e preencha o questionário em anexo**. Para podermos contar com a participação do seu educando no presente estudo o consentimento deve ser **entregue até** \_\_/\_\_/\_\_.

Agradecemos a sua melhor atenção para este assunto e esperamos poder contar com a sua colaboração para o desenvolvimento do presente estudo.

A equipa responsável pelo projeto no ICS-UCP

Filipa Ribeiro  
[filipa.nc.ribeiro@ics.lisboa.ucp.pt](mailto:filipa.nc.ribeiro@ics.lisboa.ucp.pt)

Joana Rato  
[joana.rato@ics.lisboa.ucp.pt](mailto:joana.rato@ics.lisboa.ucp.pt)

## Anexo II – Consentimento informado

Código (não preencher):

### CONSENTIMENTO INFORMADO

Eu, \_\_\_\_\_, considerando o esclarecimento exposto declaro que compreendi a informação que me foi fornecida acerca da recolha de dados que irá ser realizada no âmbito do projeto "Desenvolvimento das representações de quantidade no pré-escolar". Tomei igualmente conhecimento de que os dados serão tratados de forma confidencial e usados para fins meramente científicos. Por isso, autorizo o meu educando \_\_\_\_\_ a participar na presente investigação.

\_\_\_\_\_, \_\_\_/\_\_\_/2019

\_\_\_\_\_  
(O Encarregado de Educação)

## Anexo III – Questionário sociodemográfico

Código (não preencher):

Exmo. (a) Sr. (a),

No âmbito do consentimento que recebemos para a participação do seu educando \_\_\_\_\_ no projeto "Desenvolvimento das representações de quantidade no pré-escolar: Influência do método de aprendizagem", venho por este meio solicitar a resposta a algumas questões relevantes para o estudo em causa.

Estas informações não serão reveladas em nenhum momento, os dados serão utilizados apenas em âmbito académico/científico e processados em conjunto. Desta forma, solicito o preenchimento do questionário seguinte.

### **Questionário:**

#### **Relativamente à Criança:**

Data de nascimento: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_;

Tem irmãos mais velhos? Sim \_\_\_ Não \_\_\_ Com que idades? \_\_\_\_\_

A criança nasceu de quantas semanas de gestação? \_\_\_\_\_;

O parto: Normal (Eutócico) \_\_\_; Cesariana \_\_\_; Fórceps ou ventosa \_\_\_\_\_

Com que idade entrou no berçário, creche ou jardim-de-infância? \_\_\_\_\_

Está diagnosticada/o com algum tipo de perturbação de desenvolvimento? \_\_\_\_\_;

Se sim, qual? \_\_\_\_\_;

Tem alguma dificuldade sensorial (audição ou visão) ou motora? \_\_\_\_\_. Qual? \_\_\_\_\_

Está a receber algum tipo de apoio técnico ou escolar (ensino especial)? \_\_\_\_\_;

Qual a língua materna? Português Europeu \_\_\_ Outra \_\_\_ Qual? \_\_\_\_\_

#### **Relativamente ao Encarregado de Educação:**

##### **Encarregado de Educação:**

Grau de parentesco: \_\_\_\_\_; Concelho de residência: \_\_\_\_\_

**Pai:** Idade: \_\_\_\_\_; Nacionalidade: \_\_\_\_\_; Grau de escolaridade: \_\_\_\_\_

**Mãe:** Idade: \_\_\_\_\_; Nacionalidade: \_\_\_\_\_; Grau de escolaridade: \_\_\_\_\_

Muito obrigado pela sua colaboração!